

<36613595280014



<36613595280014



Bayer. Staatsbibliothek

H A N D B U C H

der

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

für Vorlesungen.

Von

Dr. Johannes Müller,

ordentl. öffentl. Professor der Anatomie und Physiologie an der Königl. Friedrich Wilhelms-Universität und an der Königl. medicin.-chirurg. Militär-Academie in Berlin, Director des Königl. anatom. Museums und anatom. Theaters; Mitglied der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin, corresp. Mitglied der Kaiserl. Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg, Mitglied der Königl. Academie der Wissenschaften zu Stockholm.

Zweiten Bandes erste Abtheilung.

Mit Königlich Württembergischen Privilegien.

C o b l e n z,

Verlag von J. H ö l s c h e r,

1837.



H a n d b u c h
der
Physiologie des Menschen.

Von
Johannes Müller.

Zweiten Bandes erste Abtheilung.

Handbuch

der

Physiologie des Menschen

von

Johannes Müller

Zweite Auflage

Nachricht.

Zur Förderung der Publication des Handbuchs der Physiologie hat man sich entschlossen, was vom zweiten Bande gedruckt jetzt vorliegt, erscheinen zu lassen. Es ist das erste Drittheil des zweiten Bandes, der ohngefähr dieselbe Stärke wie der erste Band erhalten und 50—55 Bogen umfassen wird. Die zweite Abtheilung wird die Physiologie der Sinne und des Seelenlebens, die dritte die Physiologie der Zeugung und Entwicklung enthalten. Die Erscheinung dieser Abtheilungen hofft man zu beschleunigen, da sie für den Verfasser wegen der vorhandenen Leistungen und eigener früherer Arbeiten weniger neue Studien als die gegenwärtige Abtheilung erfordern. Jede Abtheilung wird zwar mit besonderm Titel ausgegeben; die Titel der Abtheilungen fallen indess nach Vollendung des ganzen zweiten Bandes, womit das Werk geschlossen ist, weg. Die Mittheilungen über das elastische Gewebe p. 28. sind weniger vollständig, als was darüber später p. 182. gelegentlich beigebracht ist. Die erste Hälfte dieser Abtheilung wurde im Winter 18 $\frac{3}{4}$, die zweite im Winter 18 $\frac{3}{7}$ gedruckt. Ueber die neueren Beobachtungen in Hinsicht der Wimperbewegung möge man den Jahresbericht des Archivs 1836 nachsehen.

Berlin, im Januar 1837.

Der Verfasser.

2437457

I. Abschnitt. Von den Organen der Bewegung.
II. Von den verschiedenen Formen der Bewegungsorgane.
speciellen Physiologie
III. Von der Muskulbewegung und den verwandten Bewegungen.

IV. Von den verschiedenen Muskulbewegungen.
II. Abschnitt. Von den verschiedenen Muskulbewegungen.
I. Von den unwillkürlichen und willkürlichen Bewegungen.

II. Von den zusammengesetzten Bewegungen.
Von den Bewegungen, von der Stimme und Sprache.

III. Abschnitt. Von der Stimme und Sprache.
I. Von den allgemeinen Bedingungen der Tonerzeugung.
II. Von der Stimme.
III. Von der Sprache.

I. Abschnitt. Von den Organen, Erscheinungen und Ursachen der thierischen Bewegung.

- I. Von den verschiedenen Formen der Bewegungsorgane.
- II. Von der Wimperbewegung.
- III. Von der Muskelbewegung und den verwandten Bewegungen.
- IV. Von den Ursachen der thierischen Bewegung.

II. Abschnitt. Von den verschiedenen Muskelbewegungen.

- I. Von den unwillkührlichen und willkührlichen Bewegungen.
- II. Von den zusammengesetzten Bewegungen.
- III. Von der Ortsbewegung.

III. Abschnitt. Von der Stimme und Sprache.

- I. Von den allgemeinen Bedingungen der Tonerzeugung.
 - II. Von der Stimme.
 - III. Von der Sprache.
-

Der speciellen Physiologie

Viertes Buch.

Von den Bewegungen, von der Stimme und Sprache.

I. Abschnitt. Von den Organen, Erscheinungen und Ursachen der thierischen Bewegung.

I. Capitel. Von den verschiedenen Formen der Bewegung und Bewegungsorgane.

Man kann bei den Thieren im Allgemeinen zweierlei Art der lebendigen Bewegung fester Theile unterscheiden, welche durch die Natur ihrer Organe, ihrer Erscheinungen und Ursachen ganz verschieden sind; die Bewegung durch Zusammenziehung von Fasern, und die Bewegung von Wimpern mit freien Enden durch Oscillation derselben, ohne deutlich nachweisbare organische Apparate als die Wimpern selbst. Im ersten Falle bewegen sich an beiden Enden fixirte Fasern oder cirkelförmig in sich zurücklaufende Faserschleifen durch Verkürzung ihrer Fasern, und durch diese Verkürzung werden die fixirten Theile einander genähert. Die meisten dieser Bewegungen werden durch Muskelfasern, einige wenige durch Fasern bewirkt, die sich ihrer Structur und chemischen Eigenthümlichkeit nach von den Muskelfasern unterscheiden. Bei der zweiten Classe thierischer Bewegungen schwingen mikroskopisch feine Wimpern, womit die Oberflächen gewisser Häute besetzt sind, in bestimmter Richtung, so dass die freien Enden dieser Wimpern Bogenabschnitte um ihre fixirten Basen zurücklegen. In diesem Fall ist nur das Basilarende des Bewegungsorganes fixirt. Durch die Bewegung der Fasern und namentlich durch die Muskelbewegung werden theils feste Theile einander genähert, theils Flüssigkeiten in muskelhäutigen Röhren fortgetrieben; durch die Wimperbewegung werden nur Flüssigkeiten und mikroskopisch feine festere Theilchen an den Wänden der Häute fortgeleitet, ohne dass die fortgeleiteten Flüssigkeiten die ganze Höhle der Schläuche, wie im ersten Fall, anfüllen, und ohne dass die Wände, worauf diese Phänomene vorkommen, sich zu-

sammenziehen. Die Bewegung durch Fasern ist viel ausgebreiteter als die Wimperbewegung. Alle Bewegungen fester Theile zwischen der Haut und dem Knochengerüst, alle Bewegungen ganzer Schläuche oder ihrer Theile werden, so weit sie von Lebensactionen und nicht durch physicalische Elasticität bewirkt werden, durch Zusammenziehungen von Faserlagen hervorgebracht. Die Wimperbewegung ist ein in Hinsicht seiner Verbreitung viel beschränkteres Phänomen. Es wird nicht allein nur auf der Oberfläche von Membranen beobachtet, auch nur wenige Membranen zeigen diese Erscheinung, wie bei den niederen Thieren öfter die äussere schleimabsondernde Haut, bei den höheren die Schleimhäute im Innern des Körpers; ja sie ist nicht einmal allen Schleimhäuten gemein. Die Ausbreitung des contractilen Fasergebildes, namentlich des Muskelgewebes, bildet drei Schichten, deren Anordnung mit der ersten Formation des Organismus zusammenhängt. Alle Systeme entstehen nämlich aus den Blättern der Keimhaut, die anfangs scheibenförmig den Dotter bedeckt; und indem sich das äussere und innere Blatt, oder das seröse und Schleimblatt und das zwischen beiden sich bildende Gefässblatt der Keimhaut zu einer Höhlung wölben und der Embryonaltheil der Keimhaut, diese Höhlung bildend, von der übrigen Keimhaut durch Einschnürung in der Gegend des spätern Nabels sich absondert, entstehet aus dem äusseren Blatte der animalische willkürlich bewegliche, aus dem inneren der organische unwillkürlich bewegliche Theil des Körpers, aus dem Gefässblatte das Herz mit allen zum Blutgefässsystem gehörenden Theilen, welche später sich in die Bildungen des äusseren und inneren Blattes verzweigen. Der animalische Theil des Leibes, ursprünglich aus dem äusseren Blatte der Keimhaut entwachsen, sondert sich wieder in die verschiedenen Formationen des animalischen Nervensystems, des Knochensystems, des willkürlichen Muskelsystems und der äussern Haut. Der organische Theil des Leibes, ursprünglich aus dem innern Blatte der Keimhaut entsprossen, sondert sich wieder in die verschiedenen Formationen, die dazu gehören, als da sind die das Gerüst bildenden fibrösen Häute (*tunica fibrosa* des Darm-schlauches, *tunica nervea* der Alten), die serösen Häute, die Schleimhäute, welche letztern die innere Grenze mit der Aussenwelt communicirender Schläuche bilden, die Muskelschicht, zwischen *Tunica fibrosa* und der serösen Haut, und das organische Nervensystem. Siehe v. BAER *Entwicklungsgeschichte. Scholien*. Zu diesem organischen Theil des Leibes gehören dann der *Tractus intestinalis*, die Harnwerkzeuge und Geschlechtstheile, an deren Schläuchen fast durchgängig wieder eine Muskelschicht vorkommt. Ueberall, wo an diesen Schläuchen Bewegungen vorkommen, geschieht es durch die blosse Muskelschicht des organischen Systems, wovon indess die willkürlich beweglichen eigentlichen Schlundmuskeln und die Dammuskeln ausgeschlossen sind, welche dem animalischen Theil des Leibes angehören; auch an den Ausführungsgängen der dem organischen System adnexen Drüsen setzt sich eine musculöse Schicht als Fortsetzung der Muskelschicht jener Schläuche fort; und wenn auch wegen der Zart-

heit der Theile das Muskelgewebe an diesen Gängen noch nicht so sicher wie andere Hautfortsetzungen hat anatomisch nachgewiesen werden können, so ist es gleichwohl gewiss vorhanden, weil der gemeinschaftliche Gallengang, die Ureteren, die Samengänge theils selbstständig, theils auf angebrachte Reize sich zusammenziehen, wie früher Bd. I. p. 457. bewiesen worden. In der That bilden sich auch die Ausführungsgänge und ihre Drüsen bei der ersten Formation aus den Wänden der Schläuche hervor, in welche sie ausmünden, was wenigstens von den drüsigen Apparaten des Tractus intestinalis bestimmt erwiesen ist. Siehe Bd. I. p. 863. Die Muskeln des animalischen Leibes unterscheiden sich nicht allein durch ihre willkührliche Bewegung und ihre Röthe und Derbheit von den blassen und unwillkührlich beweglichen Muskelschichten des organischen Leibes; auch die mikroskopische Structur derselben ist ganz verschieden. Wir werden später sehen, dass nur die Muskelbündel des animalischen Systems, unter dem Mikroskop untersucht, Querstreifen zeigen, dass die Primitivfasern dieser Muskeln regelmässige, dicht auf einander folgende varicöse Anschwellungen haben, während die Muskelbündel des Tractus intestinalis, der Urinblase, des Uterus von jenen Querstreifen entblösst sind und ihre Primitivfasern ganz gleichförmige Fäden bilden. Am Oesophagus grenzen beiderlei Systeme dicht an einander, die Muskeln des Pharynx gehören dem animalischen Systeme, die des Oesophagus schon dem organischen Systeme an; erstere zeigen die mikroskopischen Querstreifen und ihre Primitivfasern sind varicos, letztere haben keine Querstreifen und ihre Fasern sind gleichförmig; aber das erste Viertel des eigentlichen Oesophagus ist noch bis zu einer scharfen Grenze mit bogenförmig herab- und aufsteigenden Bündeln varicoser Fasern belegt, die SCHWANN entdeckt hat und welche, zum Apparat der eigentlichen Schlundmuskeln gehörend, an der übrigen Speiseröhre nicht vorkommen. Am After grenzt das animalische System der Dammuskeln mit dem Sphincter ani an das organische System des Tractus intestinalis. Dasselbe findet an der Urinblase statt. Denn die um die pars membranacea der Harnröhre gehenden rothen Muskelbündel enthalten nach meiner Beobachtung Querstreifen, und ihre Primitivfasern sind varicos, die Muskelfasern der Harnröhre sind blass, ohne Querstreifen, und ihre Primitivfasern denen des Darmkanals gleich.

Aus dem mittlern Blatte der Keimhaut bildet sich der Apparat des Gefässsystems mit dem Herzen aus. Diese Schicht, welche sich später in die übrigen verzweigt, ist nur an einzelnen Stellen mit contractilen Fasern belegt, wie am Herzen, am Anfang der Hohlvene und Lungenvene (siehe Bd. I. p. 153.) und an den Lymphherzen der Amphibien (siehe Bd. I. p. 258.). Alle übrigen Theile des Gefässsystems sind ohne Muskelfasern, aber das ganze Arteriensystem enthält in seiner mittlern Haut einen höchst elastischen Apparat, dessen ausserordentliche Elasticität mit der lebendigen Zusammenziehungskraft der Muskeln nicht verwechselt werden darf, da dies elastische Gewebe, wie alles übrige elastische Gewebe, selbst wenn es viele Jahre in Wein-

geist gelegen hat, seine physicalische Elasticität nicht verliert. Das in dem Gefässblatte der Keimhaut sich entwickelnde Muskelgewebe gehört, obgleich es sich nur unwillkürlich bewegt, so viel das Herz lehrt, nicht in eine Kategorie mit den übrigen unwillkürlichen Muskeln des organischen Leibes; es ist nicht allein roth, sondern auch ganz wie alle willkürlichen Muskeln des animalischen Leibes gebaut, d. h. seine Muskelbündel enthalten mikroskopische Querstreifen und seine Primitivfasern sind varicos.

Die Muskelfasern sind nicht die einzigen lebendig contractilen Fasern; es giebt noch eine ganz andere Art derselben, welche in Hinsicht ihrer mikroskopischen Form, so wie in Hinsicht ihrer chemischen Zusammensetzung mit den Zellgewebefasern übereinstimmen, in chemischer Hinsicht sich aber ganz vom Muskelgewebe entfernen. Die Theile, worin diess Gewebe vorkommt, zeigen einen geringen und unmerklichen Grad von Contractilität, und Zuckungen, wie an den Muskeln, lassen sich an ihnen nicht hervorrufen; auch wirkt die Electricität nicht auf diese Theile zur Zusammenziehung, dagegen die Kälte und auch mechanische Reize die schwache Contractilität dieser Theile oft ziemlich schnell anregen. Als Beispiel kann hier vorläufig die Tunica dartos des Hodensackes angeführt werden; es gehören aber noch mehrere andere Theile hieher, von denen später im Einzelnen die Rede seyn wird. Vorläufig soll hier nur bemerkt werden, dass diese Art des contractilen Gewebes, welches nur eine geringe Verbreitung, nämlich theils in der Haut, theils an den kleinsten Arterien hat, so viel die Beschaffenheit der Tunica dartos lehrt, in chemischer Hinsicht ganz mit den beim Kochen Leim gebenden Körpern, nicht aber mit eiweissartigen Körpern, zu welchen beiderlei Arten der Muskeln gehören, übereinstimmt. Wie weit die unmerkliche Contractilität auch anderen Geweben zukomme, hat noch nicht genügend untersucht werden können, indem die Kleinheit der durch unmerkliche Contractilität oder Tonus bewirkten Resultate, überall wo die Phänomene weniger deutlich sind, der Untersuchung unüberwindliche Schwierigkeiten setzt. Es scheint indess, dass, gleichwie die Fähigkeit, gegen arzneiliche chemische Einwirkungen ihre Cohärenz zu verändern, den wenigsten zellgewebhaltigen Geweben abgesprochen werden kann, einige Contractilität in sehr geringem Grade auch diesen Geweben zukomme. Während des Lebens lassen die für Flüssigkeiten durchdringlichen Membranen diese gleichwohl nicht durch; in Krankheiten erscheint dieser Widerstand oft aufgehoben, und nach dem Tode geschieht es immer. Unsere Begriffe von vermehrter Laxität der Gewebe, von Adstringentia, setzen, insofern sie sich auf Thatsachen gründen, auch eine Variabilität des Vermögens voraus, dem passiven Durchdringen der Flüssigkeiten nach physicalischen Gesetzen das Gleichgewicht zu halten.

Die zweite fundamentale Art thierischer Bewegung durch freie Wimpern ist an dem animalischen und organischen Theil des Leibes auf gewissen Häuten beobachtet, und es ist einigermaassen wahrscheinlich, dass sie wenigstens bei einigen niederen Thieren auch in der Gefässschicht, nämlich im Innern der Gefässe an

den Wänden vorkomme. Am animalischen Theile des Leibes kommt sie bei vielen niederen Thieren, nämlich auf der ganzen Oberfläche des Körpers vor. Bei höheren Thieren hat man sie auf der Oberfläche der Haut nur im Embryonenzustande derselben, wie bei Froschembryonen, und bei einigen auch im Larvenzustande, nämlich auch bei Froschlarven beobachtet. Im organischen Theile des Leibes erscheint sie an den Schleimhäuten (nicht an allen) und wird bis zum Menschen herauf leicht beobachtet, nachdem sie bei den höheren Wirbelthieren von PURKINJE und VALENTIN entdeckt worden. In der Regel ist diess Phänomen nur an Schleimhäuten beobachtet, auch die äussere Haut der Froschlarven und der niederen Thiere gehört in diese Kategorie. Doch hat es SHARPEY an den inneren Wänden der Cavität der Seesterne, welche ihre Eingeweide enthält, und zu welcher das Wasser Zugang hat, bei Aphrodite an der äusseren Oberfläche des Darms und seiner Blinddärmschen, und an den Wänden der Rückenellen, in welchen die Blinddärme liegen, beobachtet, und es könnte wohl seyn, dass alle Bewegungen von Nahrungssäften, die man bei niederen Thieren ohne Herz und ohne deutliche Zusammenziehung der Gefässe beobachtet hat (siehe Bd. I. p. 154.), nur durch Wimperbewegung erfolgen, wie denn die Circularbewegung der Säfte in den Zellen mehrerer Pflanzen (Bd. I. p. 44.) auf dieselbe Art geschehen kann. Die hieher gehörigen Erscheinungen brauchen, da sie früher beschrieben sind, hier nicht wiederholt zu werden; es ist auch schon dort bemerkt worden, dass sie zur Erhärtung der Hypothese von einer freiwilligen Bewegung der Säfte durchaus nicht benutzt werden können. Die vorzüglichsten Schriften über die Wimperbewegung sind: PURKINJE und VALENTIN in MUELLER'S *Archiv* I. 391. II. 159. PURKINJE und VALENTIN *de phaenomeno generali et fundamentalis motus vibratorii continui in membranis etc.* Vratisl. 1835. 4. SHARPEY in *Edinb. med. Journ.* 34. und ein späterer Aufsatz in *Edinb. new phil. Journ.* 19. N. 37. Jul. 1835. GRANT *Edinb. new phil. Journ.* 1826. *Isis* 1832. FRORIEP'S *Not.* 1826. N. 329. *Isis* 1830. *Edinb. Journ. of sc.* N. 13. Jul. 1827.

II. Capitel. Von der Wimperbewegung.

Schon DE HEIDE, LEEUWENHOEK, BAKER, SWAMMERDAM, BASTER haben bei den Mollusken das Phänomen gekannt, dessen Ursachen in viel späterer Zeit aufgeklärt worden. DE HEIDE, LEEUWENHOEK kannten schon die Strömungen an den Kiemen der Muscheln, SWAMMERDAM, LEEUWENHOEK, BASTER die Rotation des Embryos der Mollusken im Ei, welche von derselben Ursache herrührt. Die regelmässigen Strömungen an den Kiemen der Muscheln wurden in neuerer Zeit von ERMAN (*Abh. d. Acad. zu Berlin.* 1816. 1817.) und SHARPEY a. a. O., die Rotationen des Embryos der Mollusken von CARUS (*Noö. Act. N. C.* 16.) ausführlich beschrieben. STEINBUCH hatte die Cilien an den Armen der Federbuschpolypen und auch MEYEN sie beschrieben. GRUITHUISEN entdeckte sie an den Planarien und an einer Süsswasserschnecke.

(Salzb. med. Z. 1818. 4. 286. Nov. Act. N. C. 10.) und GRANT hat sie zuerst als Ursache der Rotation der Embryonen der Mollusken im Ei und der Eier (wohl Embryonen) der Polypen entdeckt. Unter den übrigen Wirbellosen ist die Wimperbewegung von EHRENBURG in der ganzen Gruppe der Thiere, die er Turbellarien nannte (Gordius, Nemertes, Planaria etc.), auf der Oberfläche des Körpers und auch im Darm der Räderthiere und Naiden entdeckt. Derselbe berühmte Forscher hat die mannigfaltige Anordnung der Wimpern bei den Infusorien auf das trefflichste beschrieben. Die ersten Beobachtungen über das fragliche Phänomen an Wirbelthieren hat STEINBUCH angestellt (siehe oben Bd. I. p. 298.); er entdeckte die Bewegung des Wassers um die Kiemen der Batrachier, kannte aber die Ursache nicht und suchte vergebens nach Wimpern. GRUTHUISEN entdeckte es am Schwanz der Froschlarven. SHARPEY beschrieb dasselbe Phänomen nicht allein an den Kiemen dieser Thiere, sondern auch an der Oberfläche des Körpers; ähnliche Beobachtungen wurden an den Kiemen von HUSCHKE, von RASPAIL und mir angestellt. Es blieb indess PURKINJE und VALENTIN die grösste Entdeckung vorbehalten, dass das fragliche Phänomen nicht allein bei den Batrachiern, wie bei den Wirbellosen, von oscillirenden Wimpern herrührt, sondern dass es auch in den Schleimhäuten der Amphibien, Vögel und Säugethiere mit gleicher Lebendigkeit und von denselben Ursachen herrührend vorkommt. Diese Entdeckung erschien zuerst in MUELLER'S *Archiv* 1834, und die Erscheinung wurde darauf in dem grössern Werke: *de phaenomeno generali et fundamentalis etc. Vratisl.* 1835. 4. in ganzer Vollständigkeit durch fast alle Thierklassen beschrieben. Bei den Fischen konnte sie bisher nicht gefunden werden. Sie ist aber dennoch vorhanden, wie ich finde. Die wichtigsten Thatfachen werde ich aus diesen Schriften nun ausziehen, und mit einigen Bemerkungen begleiten.

a. Vorkommen der Wimperbewegung.

Die Wimperbewegung ist bei verschiedenen Thieren an der äussern Haut, im Darmkanal, Athmungssystem und Geschlechtssystem beobachtet.

1. *Hautsystem.* Die Wimperbewegung der Haut zeigt sich bei Infusorien, Corallenthieren (Bryozoa im Gegensatz der Anthozoa EHRENBURG), Acalephen, am Mantel der Muscheln, auf der ganzen Oberfläche der Gasteropoden, sowohl der Land- als Wasserschnecken, und der Turbellarien von EHRENBURG. Unter den höheren Thieren kömmt die Wimperbewegung auf der Oberfläche nur bei den Embryonen und ganz jungen Larven der Batrachier vor. Ganz zu Anfang flimmert ihre ganze Körperoberfläche, wie SHARPEY, PURKINJE und VALENTIN fanden, später aber zieht sich diess Phänomen auf einen immer kleinern Theil der Oberfläche zurück, so dass nur die Basis des Schwanzes, die Seiten des Kopfes flimmern. Nach der Bildung der Extremitäten zeigt sich auf der Oberfläche ihres Körpers keine Wimperbewegung mehr.

2. *Darmkanal.* Bei den Amphibien kömmt die Wimperbewegung nur im obern Theile des Verdauungsschlauches vor, wie PURKINJE und VALENTIN entdeckt haben. Nämlich die innere Haut des ganzen Mundes, der Tuba Eustachii und des Pharynx flimmert, bei den Schildkröten und Schlangen auch die Speiseröhre bis auf eine Grenze. Die Wimperbewegung hört nach PURKINJE und VALENTIN im Oesophagus der Schlangen da auf, wo die erhobenen Längenfalten der innern Haut den Magen anzeigen; auch bei den Schildkröten hört diese Bewegung am Magen mit scharfer Grenze auf. Bei den Säugethieren und Vögeln flimmert dagegen die Mundhöhle, der Schlund und die Speiseröhre nicht.

Bei den Mollusken hingegen flimmert nach PURKINJE und VALENTIN die innere Fläche des ganzen Darmkanals, ja selbst die Gallengänge; bei den Räderthieren und Naiden ist diess Phänomen auf der innern Fläche des Darms schon von EHRENBURG beobachtet, und SHARPEY hat es im Magen und in den Blinddärmen der Seesterne, im Darm der Anneliden, im Magen der Actinien gesehen, und die im Verdauungsschlauch der Polypen von MEYER und LISTER beobachteten Bewegungen der Körnchen gehören wohl auch hieher. LISTER, *Philos. Transact.* 1834.

3. *Athmungsorgane.* Die Schleimhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre, der Bronchien flimmert nach PURKINJE und VALENTIN'S Entdeckung bei allen lufthathmenden Wirbelthieren. Bei den Säugethieren und Vögeln beginnt die Bewegung an der Stimmritze, da die Mundhöhle und der Schlund keine Spur davon zeigen. Bei den Vögeln zeigt sich das Phänomen nicht bloss auf der innern Fläche der Luftröhre und ihren Aesten, sondern nach PURKINJE'S und VALENTIN'S Entdeckung auch auf der innern Fläche der von den Lungen ausgehenden Luftsäcke. Die äusseren Kiemen der Larven der nackten Amphibien flimmern, aber nur die äusseren Kiemen; die inneren Kiemen der Froschlarven, welche sie allein im zweiten Stadium der Entwicklung zeigen, flimmern nicht, wie bereits SHARPEY fand. Auch bei den Fischen flimmern die Kiemen nicht, was bereits SHARPEY fand. An den äussern Kiemen der Embryonen der Haifische und Rochen kann man die Bewegung vermuthen.

An den Kiemen der Mollusken, auch an den Nebenkienmen der zweischaligen Muscheln ist die Bewegung allgemein. Dagegen zeigt sich das Flimmern auf der innern Fläche der Lungen der Lungenschnecken nach PURKINJE'S und VALENTIN'S Beobachtungen nicht. Auch die Kiemen der eigentlichen Krebse zeigen nach denselben Beobachtern keine Spur der Bewegung. An den Armen der Federbuschpolypen sah schon STEINBUCH die Bewegung, an den Kiemen der Sabellen sahen sie HENLE und ich.

4. *Nasenhöhle.* In der Nasenhöhle ist das Phänomen allgemein und von PURKINJE und VALENTIN entdeckt. Nicht bloss die Nasenhöhle der Amphibien, Vögel, Säugethiere flimmert auf ihrer äusseren und inneren Wand. PURKINJE und VALENTIN haben die

Erscheinung auch an der Schleimhaut der Nebenhöhlen der Nase der Säugethiere, wie der Stirnhöhlen, Kieferhöhlen und in der Eustachischen Trompete beobachtet. Im Thränenkanal und Thränensack des Kaninchens scheint keine Wimperbewegung vorzukommen, dagegen die Schleimhaut der Nase sie zeigt; auch die Conjunctiva flimmert nicht. Diess ist allerdings gegen Erwartung, da die Wimperbewegung, wenn sie an der Conjunctiva oder auch nur an den Thränenkanälchen und im Thränensack vorkäme, leicht die Aufnahme der Thränen in die Thränenkanälchen erklären würde. Die Nasenhöhle der Fische zeigt auch die Wimperbewegung sehr deutlich.

5. *Geschlechtstheile.* Unter den Wirbelthieren kömmt die Wimperbewegung bloss an den weiblichen Geschlechtstheilen vor, wie PURKINJE und VALENTIN entdeckt haben. Sie erscheint an der innern Fläche der Eierleiter, des Uterus und der Scheide der Säugethiere (nicht bei den jüngeren); sie fehlt selbst nicht zur Zeit der Schwangerschaft an dem vom Chorion freien Theilen des Uterus. Bei den Vögeln und Amphibien ist die Bewegung auch bis zum Ende der Tuben vorhanden. Ich habe das Phänomen selbst sowohl bei Säugethiern, als Vögeln und Amphibien gesehen. Vielleicht hat die Wimperbewegung an der Abdominalmündung der Trompete Antheil an der Aufnahme des Eies in die Tuba bei den Amphibien; es ist bekanntlich bis jetzt noch ganz räthselhaft, wie beim Frosch und Salamander die Eier von dem Ovarium in die viel höher gelegene Abdominalöffnung der Tuba gelangen, welche den Eierstock bei diesen Thieren nicht umfassen kann. Es wäre indess möglich, dass sich zu jenem Zweck auch die Schleimhaut des Eierleiters am Abdominalende ausstülpte und die flimmernde Oberfläche dem Ovarium oder den in die Bauchhöhle fallenden Eiern zukehrte. Bei den Fischen kommt die Wimperbewegung auch in den weiblichen Geschlechtstheilen vor; nämlich auf der innern Fläche des aus dem Eierstock ausführenden Eierleiters, wie beim Karpfen, und sehr deutlich bis zur Geschlechtsmündung.

Bei den Mollusken fand HENLE die Flimmerbewegung in den weiblichen Geschlechtstheilen deutlich, nämlich im Eierstocke der Schnecken nach CUVIER, und auf der innern Fläche der Höhlungen des Eierstocks der Muscheln. Die männlichen Geschlechtstheile flimmern bei den Wirbelthieren nicht; auch bei den Wirbellosen ist die Bewegung noch nicht mit Sicherheit in definitiv männlichen Geschlechtstheilen beobachtet.

6. *Harnwerkzeuge.* Bei den Wirbelthieren fehlt die Flimmerbewegung in den Harnwerkzeugen ganz. Dagegen kommt sie, nach PURKINJE und VALENTIN, im sogenannten Saccus calcareus der Schnecken vor, einem Organ, dessen Ausführungsgang sich neben dem After mündet, und das man wegen seines harnsauren Inhalts für die Niere dieser Thiere halten kann. Die Bewegung ist hier auch von HENLE gesehen. Bei den zweisehaligen Muscheln flim-

mert nach PURKINJE und VALENTIN die innere Oberfläche des neben der Oeffnung der Eierstöcke ausmündenden BOJANUS'schen sackförmigen Organes, welches von Einigen mit der Niere verglichen wird, das aber zugleich auch als Hoden betrachtet werden könnte, so lange nicht ein anderes Organ als Hoden der Muscheln definitiv nachgewiesen werden kann.

Man sieht aus dieser Uebersicht, dass die Wimperbewegung ein allgemeines Phänomen der Thierwelt ist, dass sie aber eine verschiedene Ausbreitung in den verschiedenen Classen hat. Am seltensten ist sie über die ganze Oberfläche des Körpers verbreitet, wie bei den Mollusken, Turbellarien und bei dem Embryo und der ganz jungen Larve der Batrachier. Constant ist sie an den Geruchswerkzeugen bei Wasser- und Luftathmern und an den weiblichen Genitalien, meist an den Athemwerkzeugen, mit Ausnahme der Fischkiemen und der inneren Kiemen der Froschlaven, selten im Darmschlauch, wie bei den Mollusken, in der Speiseröhre und im Munde der Amphibien; sie fehlt in den Harnwerkzeugen und männlichen Geschlechtstheilen der Wirbelthiere. Keine einzige Thierclassen ist des Antheils der Wimperbewegung ganz beraubt. PURKINJE und VALENTIN glaubten es von den Fischen; aber sie entbehren sie so wenig als andere Classen; bei den Fischen fehlt sie an den Kiemen, aber sie ist sehr deutlich an der Schleimhaut der Nasenhöhle und weiblichen Geschlechtstheile.

Die Wimperbewegungen sind auch die Ursache der Bewegung der Embryonen im Ei bei mehreren Thieren, ja der freien Eier (richtiger Embryonen) bei mehreren niederen Thieren, Radiarien und Corallenthieren. CAVOLINI beobachtete die Bewegung der Eier der Gorgonien, THLESUS die der Eier der Milleporen, GRANT die Bewegung der Eier der Campanularien, Gorgonien, Caryophyllien, Spongien und Plumularien. Die aus den Capseln entfernten Eier bewegen sich, mit dem einen Ende voran. RAPP fand die Cilien ebenfalls an den Eiern der Corynen. GRANT hat auch die Wimpern an den Embryonen der Gasteropoden entdeckt, welche die Ursache ihrer Rotation im Ei sind.

b. *Phänomene der Wimperbewegung.*

Die Wimperbewegung wird bei den meisten Thieren nur bei starker Vergrößerung erkannt. Von einer Schleimhaut, worin sie vorhanden ist, präparirt man ein ganz kleines Stückchen ab, befeuchtet es ein wenig mit Wasser und bedeckt es mit einem kleinen Glasplättchen, wodurch das Schleimhautstückchen ausgebreitet wird und seinen Rand scharf erkennen lässt. Mit den Objectivlinsen 1. 2. 3. der SCHIEK'schen Mikroskope erkennt man die Wimperbewegung sogleich am Rande. Man sieht anfangs den Ausdruck einer undulirenden Bewegung und wie die kleinen Partikelchen, die im Wasser schweben, Schleimkügelchen, am Rande in bestimmter Richtung vorbeigetrieben werden. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man zuweilen die Wimpern selbst, jedoch selten sehr deutlich, wegen der sehr schnellen Bewegung dersel-

ben. Oft ist der Effect der Bewegung zahlloser Bewegungsorgane so gross, dass man die Beobachtung beeilen muss, wenn das ganze Schleimbautstückchen nicht unter dem Sehfelde vorbeipassiren soll. Den Einfluss der Wimperbewegung auf die Forttreibung der die Wände berührenden Flüssigkeiten und kleinen Körperchen kann man auch sehr gut an aufgestreutem feinen Pulver erkennen. An den Kiemen der Salamanderlarven und Muscheln ist die Bewegung so stark, dass abgeschnittene kleine Theilchen derselben im Wasser selbst regelmässig herumgetrieben werden.

Durch die gleichförmige Richtung der Bewegung der Wimpern entstehen nun an den Schleimhäuten regelmässige Strömungen, die an den meisten Theilen bereits durch SHARPEY's, PURKINJE's und VALENTIN's Bemühungen bekannt sind. Die Strömungen des Wassers, welche auf diese Art an den Kiemen der Muscheln und Salamanderlarven und am Körper der jungen Froschlarven hervorgebracht werden, sind schon im ersten Bande p. 298. beschrieben worden. Die Direction der Strömung war in PURKINJE's und VALENTIN's Beobachtungen bei einer Henne in der Luftröhre von aussen nach innen, im Eierleiter von innen nach aussen; dass der Samen durch die Wimperbewegung zum Ei gelange, lässt sich daher mehr vermuthen als erweisen. SHARPEY bestimmte die Strömung auf der untern Muschel des Kaninchens; sie war von hinten nach vorn gegen die Nasenöffnung, in der Kieferhöhle schien die Direction der Strömung nach der Oeffnung derselben zu gehen. In der Mundhöhle der Batrachier geht die Strömung von vorn nach hinten, sowohl an der obern als untern Fläche gegen den Oesophagus. An der Gaumenseite der Nasengaumenöffnung einer Eidechse wurden die Partikelchen an der innern Seite in die Oeffnung, an der äussern Seite aus der Oeffnung geführt. Bei der Kröte hat SHARPEY die Direction so abgebildet, als wenn die Strömungen sowohl an der äussern als innern Seite der Nasengaumenöffnung bloss aus der Nase in den Mund stattfinden.

c. Organe der Wimperbewegung.

Was die Organe der Wimperbewegung betrifft, so sind sie nach PURKINJE's und VALENTIN's Untersuchungen feine durchsichtige Fäden und haben eine Länge von 0,000075—000908 par. Zoll. Ihre Basis ist meist stärker als ihr Ende, so sah ich sie auch meist an Schleimhäuten. An den Kiemen einer Sabella verwandten neuen Gattung der Anneliden aus der Ostsee sah ich sie mehr kolbig. Die Form der Wimpern ist überaus schwer zu bestimmen, ihr Daseyn ziemlich leicht zu sehen. Ich habe sie bei Anodonten, an den Kiemen jener Annelide, im Munde der Frösche, Eierleiter der Kaninchen und Frösche, Fische, in der Luftröhre der Vögel und Säugethiere sehr deutlich gesehen, und kann mir nicht erklären, warum L. CHR. TREVIRANUS sie nicht hat finden können. Die Oberfläche der Häute, in welchen Wimperbewegungen vorkommen, zeigte sich nach PURKINJE und VALENTIN aus mikroskopischen geraden parallelen Fasern zu-

sammengesetzt, die durch Bindestoff vereinigt waren. Doch fand sich eine solche Schicht von Fasern auch in der nicht vibrirenden Schleimhaut des Leerdarms der Schildkröte. Verstehen wir die Verfasser recht, so sind diese Fasern auf der Ebene der Schleimhaut senkrecht oder aufrecht stehende Cylinderchen. Dergleichen mikroskopische Cylinderchen finden sich nach HENLE's Beobachtung sehr häufig und fast in der Regel in der Galle des Menschen und häufig auch bei den Thieren. Sie liegen meist zu kleinen Schichten zusammen, so dass man an der einen Seite des Häufchens die Enden derselben in einer Ebene sieht. Diese Cylinderchen in der Galle haben nach HENLE 0,0171 engl. Lin. Länge und 0,0031 Breite; sie sind viel grösser als die Cilien der Schleimhäute, und sollten in den vibrirenden Schleimhäuten die Wimpern auf diesen Cylinderchen stehen, so müssten viele von einem Cylinder getragen werden. HENLE hat auch einmal dergleichen Körperchen in der Harnblase angetroffen, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass es die Theile sind, welche PURKINJE und VALENTIN meinen. HENLE hat bei der Auster abgelöste Cilien untersucht, und sie so gebildet gesehen, dass auf dem Ende eines kleinen Cylinders ein oder mehrere Wimperhaare aufsassen. Einigemale wurde in dem Basaltheile gegen die Stelle, wo die Wimper damit in Verbindung stand, ein Kügelchen beobachtet. GRUITHUISEN hat die Wimpern der Planarien auch im abgelösten Zustande beobachtet, und gesehen, dass sie, wo die Thiere zerfliessen, sich noch bewegen. Am genauesten sind die Wimpern von den Infusorien durch EHRENBURG's Untersuchungen bekannt. Er sah bei den grossen Gattungen Stylonychia und Kerona die Basis jedes wirbelnden Härchens zwiebel förmig, und hat sich überzeugt, dass eine geringe schwankende Drehung der Zwiebel auf ihrem Stützpunkte grössere kreisförmige Schwingungen der Spitze der Härchen veranlasst, wodurch jedes dieser Härchen bei der Bewegung eine conische Fläche beschreibt, deren Spitze die Zwiebel ist. Bei den Magenthierchen sah EHRENBURG die Wimpern oft über den ganzen Körper verbreitet, zuweilen fehlen sie, zuweilen ist nur der Mund damit umstellt. Wenn der ganze Körper behaart erscheint, fand sie EHRENBURG sehr regelmässig vertheilt; sie stehen nämlich in deutlichen Reihen, die gewöhnlich eine Längsrichtung, oft aber auch eine Querrichtung haben. Solche reihenweise Vertheilung haben auch PURKINJE und VALENTIN einigemale beobachtet, und sie wird auch aus der von PURKINJE und VALENTIN beobachteten wellenförmigen Bewegung der Wimperreihen wahrscheinlich. EHRENBURG vermuthet kleine Längen- und Quermuskeln. Die Räderorgane der Räderthiere sind nach EHRENBURG's Beobachtungen nicht wesentlich von den Wimperorganen verschieden. Hydatina senta hat 17 Räderorgane im Kreise, jedes besteht aus 6 Wimpern, die auf einem rundlichen Muskel aufsitzen. Diese Muskeln sind von Scheiden umgeben und durch 2 Bänderfascikel an 2 Stellen der Körperhülle befestigt. *Abhandlungen der Academie zu Berlin.* 1830. Das Räderorgan dieser Thiere zerfällt daher in mehrere von einander abgeschlossene Räderorgane, es bringt auch die Täuschung der Radbewegung

nicht hervor, wie bei den Räderthieren mit zusammenhängenden Räderorganen. In der zweiten Abhandlung (1831) werden viele Variationen in der Bildung der Räderorgane nachgewiesen.

Natur der Wimperbewegung.

Bei der Untersuchung der Natur der Wimperbewegung kommt zuerst ihre Dauer und ihr Zusammenhang mit den übrigen Lebensphänomenen zur Sprache. Die Dauer derselben nach dem Tode ist wenigstens so lange, als die Reizbarkeit der thierischen Theile dauert, und oft viel länger. Bei Fröschen und Eidechsen hört sie nach PURKINJE'S und VALENTIN'S Beobachtungen in 1—2 Stunden auf, bei einer geköpften Emys europaea dauerte sie 9—15 Tage nach der Entfernung des Kopfes. Es behielten zwar die Muskeln bis zum 7ten Tage ihre Reizbarkeit (wir haben bei einer Flussschildkröte mehrere Tage nach der Durchschneidung des verlängerten Markes noch die Reflexionsbewegung, Einziehung der Extremitäten bei der Berührung, gesehen), aber die Wimperbewegungen dauerten eben so lange in ganz getrennten, in Wasser liegenden Theilen. Bei den Vögeln und Säugethieren dauern die Bewegungen nach PURKINJE und VALENTIN $\frac{3}{4}$ —4 Stunden. Das Licht hat keinen, wohl aber die Wärme Einfluss auf die Wimperbewegungen; sie dauern bei Säugethieren und Vögeln noch, wenn auch die Theile einen Moment in Wasser von 65° R. getaucht werden, wenn länger, nicht. Die Bewegungen bleiben bei Säugethieren und Vögeln bei 10° R., hören bei 5° auf. Der Schlag einer Leidener Flasche hebt die Bewegung bei Unio nicht auf, auch der Einfluss einer galvanischen Säule von 30 Plattenpaaren nicht, ausser an den Stellen der Application der Poldrähte, wo das Aufhören von der chemischen Zersetzung bewirkt wurde. Die Wimperbewegungen werden durch Blausäure, Aloe- und Belladonna-Extract, Catechu, Moschus, Morphinum aceticum, Opium, Salicin, Strychnin, Decoct. capsic. ann., selbst bei den concentrirtesten Lösungen nicht gestört. Die Alcalisalze, Erd- und Metallsalze, Alcalien, Säuren stören die Bewegung bald früher, bald später, nach der Stärke der Solution; Blut unterhält die Wimperbewegung am längsten, aber Blutserum von Wirbelthieren macht die Wimperbewegung der Muscheln sogleich aufhörend und Galle zerstört die Bewegung. Am merkwürdigsten ist, dass diejenigen Stoffe, welche auf das Nervensystem wirken, wie die Narcotica, die Wimperbewegung durchaus nicht stören, wodurch diese Erscheinung sich als eine fundamentale und nicht vom Nervensystem abhängige erweist. PURKINJE und VALENTIN haben Tauben und Kaninchen vermittelst Blausäure und Strychnin, theils durch Einflößen in den Schlund, theils durch Application dieser Stoffe in frische Hautwunden, getödtet. Nie zeigte sich die Flimmerbewegung im mindesten verändert. Sie gebrauchten die Vorsicht, dass sie die Thiere nicht nur nicht früher öffneten, als bis keine Zuckungen an irgend einem Theile des Körpers mehr wahrgenommen wurden, sondern bis selbst die gezerzten Glieder keine Reaction

durch automatische Bewegungen mehr ausübten. Ja um noch sicherer zu sein, wurde bei den Experimenten mit den Tauben ein gleiches Thier desselben Alters durch Verblutung getödtet. Die Unterschiede, welche sich bei allen diesen Versuchen vorfanden, waren nur Verschiedenheiten, welche durch die Individualität, das Alter und die Eigenthümlichkeiten der Thiere bedingt wurden. Der Mangel des Erfolges der Intoxication war überall derselbe. MUELLER'S *Archiv.* 1835. 159. Die letzteren Versuche sind offenbar weniger beweisend als die ersteren mit unmittelbarer Application der Gifte auf die flimmernden Theile. Denn durch Narcotica getödtete Frösche behalten ihre Muskel- und Nervenreizbarkeit für örtlich applicirte Reize noch lange, dagegen verlieren die Nerven und Muskeln bei örtlicher Application eines narcotischen Giftes auf dieselben, an dieser Stelle immer bald ihre Reizbarkeit. Nur das Herz macht davon eine Ausnahme, welches nach Anwendung von Opiumauflösung und Extractum nucis vomicae auf seine äussere Oberfläche noch lange fortschlägt, während dasselbe Gift, auf die innere Fläche des Herzens applicirt, seine Reizbarkeit sogleich erschöpft. Wir halten die Kleinheit der Wimperorgane gegen die bedeutende Stärke der Primitivfasern in den Nerven für keinen Grund gegen die Abhängigkeit dieser Erscheinungen vom Nervensystem; denn die Muskelfasern sind an sich schon sehr viel feiner als die Nervenfasern, wie man sie gewöhnlich ununterbrochen in den Nerven sieht, und die Vertheilung der Nervenfasern in den Muskeln ist so sparsam, die Zwischenstellen der Muskeln zwischen dem Bereich mehrerer Nervenfasern an mikroskopisch untersuchten Muskeln so gross, dass das Phänomen der Nervenwirkung auf die Muskeln ohne eine Action in Distanz nicht denkbar ist. Zudem giebt es gewisse Theile (nicht eben die Muskeln), in welchen eine sehr viel feinere Verzweigung der Nervenfasern stattzufinden scheint, als wie die Primitivfasern der Nervenstämme und Aeste sind. Dr. SCHWANN hat im Mesenterium der Feuerkröte von den gewöhnlichen stärkeren Nervenfasern Fäden ausgehen gesehen und mir gezeigt, welche sich überaus fein verzweigten und in grosser Entfernung ganz kleine spindelförmige Anschwellungen zeigten (wahrscheinlich dem N. sympathicus angehörend). Die Dauer der Flimmerbewegung nach örtlicher Application narcotischer Gifte beweist indess hinlänglich die Eigenthümlichkeit dieses Phänomens, und dass es in keiner unmittelbaren Abhängigkeit vom Nervensystem steht. Eben so wichtig ist in dieser Hinsicht die Existenz der Wimperbewegung an der Oberfläche der Eier der Corallenthiere, welche ovale Körper indess wohl die belebten, aber noch unentwickelten Embryonen sind. Gerade die Untersuchung der Extreme ist hier am interessantesten. Die Extreme bilden aber die Wimperbewegung der unentwickelten Embryonen der Corallen und die Wimperbewegung an den Räderorganen der Räderthiere. Erstere erfolgt an Häuten, die noch keine besondere Structur zeigen, und an sie schliesst sich die Wimperbewegung an den Schleimhäuten der höheren Thiere an, die von Strychnin und anderen narcotischen Giften nicht getödtet

wird; die Wimperbewegung an den Räderorganen hingegen erfolgt durch offenbare Muskelaction und ist dem Willen unterworfen, also jedenfalls von dem Nervensystem abhängig; sie wird auch, wie EHRENBURG bewiesen, durch Strychnin getödtet.

Es entsteht nun die Frage: ist die Wimperbewegung in der ganzen Thierwelt auch durch muskelartige Zusammenziehungen eines sehr feinen contractilen Gewebes an der Basis der Wimpern, wie an den Räderorganen der Räderthiere bedingt? Bildet dieses contractile Gewebe der Räderorgane, das EHRENBURG entdeckt hat, ein eigenes System, dessen mikroskopische Structur sich bis durch die flimmernden Schleimhäute der höheren Thiere erstreckt, so dass, wenn die übrigen Gewebe der höheren Thiere eine gröbere Structur besitzen, die viel feinere Gewebebildung und Anatomie der Infusorien sich gleichwohl bei den höheren Thieren wenigstens in der Structur der Wimperorgane erhält; oder gehört nur die Bewegung der Räderorgane der Räderthierchen in eine Kategorie mit den Muskelbewegungen aller höheren Thiere, und ist die Wimperbewegung der übrigen Thiere ihrem Wesen nach ganz von der Muskelbewegung verschieden? Ich kann nicht umhin, in Hinsicht des Mechanismus der Wimperbewegung der Räderorgane EHRENBURG's eigene Worte hier anzuführen. „Betrachtet man Thierchen, wenn sie die Bewegung anfangen, so sieht man immer deutlich ein Ausstrecken und Anziehen, ein wahres Greifen der gekrümmten Wimpercilien, das aber alsbald in das Wirbeln übergeht, welches eine andere Art von Bewegung ist als jenes Greifen. Das Greifen sieht man auch, wenn man die Thierchen durch Streuen von Strychnin in Wasser im Tetanus sterben lässt und die Thätigkeit der Räderorgane allmählig erlöscht. In diesem Falle hört vorher schon das eigentlich radmachende Wirbeln auf.“ EHRENBURG suchte sich die Erscheinung bisher auf folgende Weise zu erklären: „Jede einzelne Wimper wird durch den unter ihr liegenden Muskel besonders bewegt, und leicht können einzelne Muskelstreifen an viele, vielleicht alle Wimpern derselben Reihe gleichzeitig gehen und dieselben in eine einseitige Bewegung setzen. Wirkt nun diesem Muskelstreifen ein anderer, auf der andern Seite der verdickten Basis der Härchen auf gleiche Weise entgegen, sind dieselben in etwas verschiedener Höhe den Härchen angeheftet, und wirken sie abwechselnd, so wird eine nach vier Richtungen schwankende Bewegung entstehen, welche die Spitze jeder einzelnen Wimper in eine Kreisbewegung versetzt, und die ganze Spitze wird einen Kegel beschreiben, dessen Spitze an deren Basis ist. Bei dieser Bewegung der einzelnen Wimpern sind sie, wenn man die Organe etwas oder ganz von der Seite betrachtet, bald dem Auge etwas näher, bald etwas ferner, und werden mithin bald etwas deutlicher, bald etwas undeutlicher an sich erkannt. Diese Abwechselung der Deutlichkeit des Wahrnehmens der einzelnen Wimpern bei ihrer conischen Kreisbewegung erscheint mir, sagt EHRENBURG, als die Ursache des Radförmigen im Ganzen, denn jedenfalls muss dadurch eine Täu-

schung, eine gewisse scheinbare Lebendigkeit, in den ganzen Kreis kommen.“ Dass durch die von EHRENBURG supponirte Thätigkeit der Muskeln ein kegelförmiger Raum von der Wimper umschrieben werden müsse, lässt sich sehr gut an den Augenmuskeln der höheren Thiere erläutern, wovon die geraden in der That das Auge gleichwie auf einem Stiele auf diese Art bewegen können. In der That ist es bei dem willkührlichen Einfluss der Räderthiere auf ihre Räderorgane, und bei dem von EHRENBURG nachgewiesenen Muskelapparat kaum zu bezweifeln, dass diese Art von Bewegung in die Kategorie der wahren Muskelbewegungen gehöre. Wie verhält es sich aber mit den Wimperbewegungen der Schleimhäute, die von dem Willen nicht abhängig sind und von der narcotischen Vergiftung der Thiere nicht modificirt werden? Das Strychnin bringt die Räderorgane nach EHRENBURG'S Beobachtungen zur Ruhe, dasselbe hat, wie alle übrigen Narcotica, auf die Wimperbewegungen der Schleimhäute keinen Einfluss. Wie soll man ferner erklären, dass die Wimperbewegung an den Eiern der Corallen vorkommt? Haben diese noch einen Rest von Lebensenergie von der Zeit her, wo sie dem Lebensinflusse des Eierstocks ausgesetzt waren; und behalten sie ihn und äussern ihn eine Zeit lang, wie die abgeschnittenen Schleimhautstückchen der höheren Thiere? Gehören ihre Lebenserscheinungen in eine Reihe mit den Bewegungen der Eierbehälter der Cercarien, die BOJANUS und v. BAER beobachtet haben? Siehe oben Bd. I. p. 17. Viel wahrscheinlicher sieht man diese Eier als belebte, aber noch unentwickelte Embryonen an. Jedenfalls, scheint es uns, ist es nöthig, die Wimperbewegungen an den Räderorganen der Räderthiere von den Wimperbewegungen der Schleimhäute vorläufig zu trennen. Die ersteren sind willkührlich veränderlich, die letzteren dem Einflusse des Willens, ja dem directen Einflusse des Nervensystems entzogene Erscheinungen. Bei den Räderorganen ist die Wimper, wie es scheint, passives Bewegungsorgan, das active der musculöse Apparat. Bei den Wimperbewegungen der Schleimhäute und auch denen der Oberfläche des Körpers der Infusorien sind die Muskeln noch unbekannt; noch weiss man nicht, ob die Wimper selbst sich bewegt, krümmt, oder ob sie auch bloss als Ruder wirkt und das contractile Gewebe an ihrer Basis ist. MEYEN hat die abgelösten Wimpern der Leucophrys sol sich noch bewegen gesehen. Auf der andern Seite giebt es wieder bei den Thieren noch andere, wie Ruder wirkende Organe, die in ihren unwillkührlichen, unaufhörlich wirkenden Bewegungen eine grosse Aehnlichkeit mit Wimpern haben, und doch durch ihre Gestalt sich davon entfernen, und deren Bewegung kaum anders, als durch contractiles Gewebe an ihrer Basis erklärt werden kann. Die Beroen sind nach GRANT'S Beobachtungen vom Munde bis zum After mit Bändern wie von Meridianlinien besetzt. Jedes der Bänder ist mit 40 Plättchen besetzt; diese Plättchen sind die zur Bewegung bestimmten Cilien. Die Plättchen bestehen aus parallelen Fasern, welche durch eine Haut verbunden sind. Ja selbst die gewiss nur durch Muskeln beweglichen, beständig schlagenden, grossen, mit blossen Augen sehr

gut sichtbaren Plättchen am Unterleibe der *Gammarus pulex* und anderer niederen Crustaceen müssen hierher gezogen werden, wenn die Bewegungen dieser Organe auch durch Muskeln, durch ein anderes contractiles Gewebe bewirkt werden mögen als die Wimperbewegungen der Schleimhäute. Bis jetzt lässt sich nur so viel aufstellen:

1. dass die Wimperbewegung der Schleimhäute durch irgend ein noch unbekanntes contractiles Gewebe bedingt werden, welches

2. entweder in der Substanz der Wimpern oder an ihrer Basis liegt;

3. welches durch seine Contractilität im Allgemeinen mit dem Muskelgewebe und anderen contractilen Geweben der Thiere übereinstimmt;

4. dessen Eigenschaften darin mit dem Muskelgewebe wenigstens der unwillkührlichen Muskeln des Herzens, den Muskeln der schwingenden Blätter der Crustaceen übereinstimmen, dass sie fast unaufhörlich sich mit gleichem Rhythmus wiederholen;

5. dessen Eigenschaften darin dem Muskelgewebe des Herzens gleichen, dass sie sich auch nach der Absonderung des Theiles vom Ganzen noch lange äussern;

6. welches sich aber vom Muskelgewebe wesentlich darin unterscheidet, dass die Bewegungen von der örtlichen Application der Narcotica nicht aufgehoben werden,

7. und dass die Wimperbewegung unter Umständen vorkommt (an den unentwickelten Embryonen der Corallen), wo eine zusammengesetzte Organisation unwahrscheinlich ist.

Darin, dass die Nerven bei dem Phänomen der Wimperbewegung nicht unmittelbar mitwirken, gleichen diese Bewegungen den Oscillationen gewisser Pflanzen, namentlich der Oscillatorien. Wie weit diese Vergleichung richtig ist, kann sich erst aus weiteren Untersuchungen ergeben. Wie sich diess aber verhalten mag, jedenfalls giebt es in den flimmernden Schleimhäuten ein Agens, welches auch die Thätigkeit dieser mikroskopischen Organe beherrscht, indem die Wimpern so häufig in Reihen wirkend beobachtet werden. Es wirkt hier eine Kraft, welche über die Selbstständigkeit einer einzelnen Wimper hinausgeht, und wenn man auch dieses reihenweise Wirken, diese Wellen aus der Befestigung vieler Wimpern an einem contractilen Streifen erklären könnte, so zeigt sich doch oft ein gewisses Abnehmen und Zunehmen in der Lebenskraft grosser Strecken einer wimpernden Haut, welches allgemeinere Ursachen haben muss. Ich habe an den Kiemen einer neuen, *Sabella* verwandten Gattung von Anneliden, die ich in grosser Menge im Meerwasser von Copenhagen mitgebracht, unter dem Mikroskope zuweilen ganz grosse Strecken der Wimpern lange Zeit ganz ruhen und bald wieder thätig werden gesehen. Erscheinungen, wovon Analogien in der Pflanzenwelt oft genug vorkommen, und die daher nicht nothwendig von der Variabilität des Nerveneinflusses erklärt werden müssen.

Die Erklärung der Strömungen, welche durch die Wimper-

bewegung hervorgebracht werden, hat auch ihre grossen Schwierigkeiten. Eine blossе Schwingung der Wimpern von einer Seite zur andern kann keine Direction eines Fluidums bewirken. Auch die Bewegung einer Wimper in einem kegelförmigen Raume, wie PURKINJE und VALENTIN meist die Bewegung sahen, kann bloss einen Cirkel des Fluidums um die Wimper bewirken. Damit Wimperbewegungen eine Strömung in einer Richtung hervorbringen, ist es nöthig, dass die Wimpern nach einer Richtung schlagen und sich krümmen, wie PURKINJE und VALENTIN die Bewegung zuweilen, und wie ich sie in den meisten Fällen sah. Aber auch in diesem Falle entsteht nur eine Strömung, wenn die sich wieder aufrichtende Wimper beim Aufrichten mit kleinerer Fläche auf die Flüssigkeit wirkt, als beim Schlagen.

III. Capitel. Von der Muskelbewegung und den verwandten Bewegungen.

I. Von den contractilen Geweben.

Sieht man von dem bis jetzt noch nicht weiter bestimmbarē contractilen Gewebe ab, welches die Ursache der Wimperbewegungen ist, so kann man 4 Formen des contractilen Gewebes unterscheiden, das contractile Pflanzengewebe, das leimgebende contractile Gewebe der Thiere, das contractile Gewebe an den Arterien und das Muskelgewebe.

a. Vom contractilen Gewebe der Pflanzen.

Die wesentlichsten Phänomene der Pflanzenreizbarkeit sind bereits oben Bd. I. p. 40. erwähnt worden. Es handelt sich hier bloss um eine Vergleichung des contractilen Gewebes der Pflanzen und Thiere. DUTROCHET hat über diess Gewebe bei den Pflanzen in seinem Werke *Recherches anatom. et physiol. sur la structure intime des animaux et des végétaux. Paris 1824*, Aufschlüsse gegeben. Die Blätter der Mimosa sensitiva sind von einem langen Stiel getragen, an dessen Basis man einen den Stiel umgebenden länglichen Wulst bemerkt. In diesem Wulst liegt das Princip der Bewegung. Wird dieser Wulst der Länge nach durchschnitten und seine Durchschnitte untersucht, so sieht man mit dem Mikroskope, dass die Achse von den Röhren eingenommen ist, welche die Gefässcommunication des Blattes mit dem Stengel bewirken. Das Gewebe desselben besteht aus einer grossen Menge rundlicher durchsichtiger Zellen, deren Wände mit Kügelchen bedeckt sind. Dieser Bau weicht in einigen Punkten von dem Bau der Pflanze in den übrigen Theilen ab; das Mark der Sensitiva besteht aus Zellen, in welchen einige kleine Kügelchen enthalten sind; im jungen Zustande der Pflanze ist in den Markzellen eine durchsichtige Flüssigkeit enthalten, die von kalter Salpetersäure gerinnt, während das Gerinnsel von warmer Säure wieder aufgelöst wird. Die Markscheide besteht aus Tracheen. Die Holzschichte, welche die Markscheide bedeckt, besteht aus

den gewöhnlichen Holzfasern. Das Corticalsystem besteht wieder aus Holzfasern. Die Blätter der Sensitiva stehen auf einem langen Blattstiel, an dessen Basis der genannte Wulst liegt; ähnliche, aber kleinere Wülste befinden sich an der Insertion der Blättchen an dem obern Theile des Blattstieles. Diese Wülste sind die Ursache, dass die Blättchen sich am Blattstiel bewegen, und dass hinwieder der Blattstiel selbst sich gegen den Stengel bewegt. Der Wulst am Blattstiel enthält eine grosse Quantität von durchsichtigen kugeligen, von einander durch ansehnliche Zwischenräume getrennten Zellen, deren Wände mit kleinen Kügelchen bedeckt sind. Von Salpetersäure werden die Zellen opak. Diese Zellen gleichen darin den Zellen des Markes, aber sie sind rundlich und nicht wie jene sechseckig. Sie liegen, obgleich sie sich nicht berühren, in Reihen der Länge nach. Zwischen diesen runden Zellen liegt ein viel zarteres Zellgewebe, worin viele dunklere kleine Körperchen. Heisse Salpetersäure löst den Inhalt der kugeligen Zellen, gleichwie den Inhalt der Zellen des Markgewebes des Stengels. In der Achse des Wulstes verlaufen die Gefässbündel, welche den Blattstiel mit dem Stengel in Verbindung setzen. Der Blattstiel selbst enthält äusserlich Holzfasern, sie bilden die Rinde; im Innern befindet sich articulirtes Zellgewebe mit Kügelchen und grosse Körperchen enthaltende Röhren. Im Centrum des Blattstieles liegen Tracheen. Berührt man die Sensitiva oder erschüttert sie, so legen sich die kleinen Blättchen paarweise zusammen, wodurch sie sich ihrer gemeinschaftlichen Achse, derjenigen des Blattstieles, nähern. Der gemeinschaftliche Blattstiel hingegen bewegt sich durch seinen Wulst in entgegengesetzter Richtung nach abwärts gegen den Stengel. In der Ruhe erheben sich beide wieder in ihre natürliche Lage. Wenn sich der Blattstiel senkt, so bildet der im Zustande der Ruhe gerade längliche Wulst um die Basis des Blattstieles eine nach unten concave, nach oben convexe Krümmung.

Als DUTROCHET das Cortical- oder Zellenparenchym eines Wulstes weggenommen, ohne das centrale Gefässbündel zu verletzen, starb das Blatt davon nicht ab; nur blieben die Blättchen desselben mehrere Tage unentfaltet. Der Blattstiel hatte seine Bewegungskraft verloren. Die letztere hat also nicht ihren Sitz in dem centralen Gefässbündel, sondern in dem Zellenparenchym des Wulstes. Als der untere Theil eines Wulstes abgetragen worden, blieb der Blattstiel immer in seiner zur Erde gesenkten Lage, und wenn der ~~untere~~ Theil eines andern Wulstes weggenommen wurde, war der Blattstiel nicht mehr fähig sich zu senken. Es schien daher durch diese mit gleichem Resultate öfter wiederholten Versuche bewiesen, dass die obere Schichte des Wulstes es ist, welche den Blattstiel nach abwärts drückt, und dass die untere Lage ihn aufwärts drückt. Diess wurde an abgeschnittenen Theilen des Wulstes selbst bestätigt. Die abgeschnittenen Schichten blieben zwar unbefeuchtet gerade, wenn sie aber in Wasser gelegt wurden, bogen sie sich jedesmal, und zwar immer so, dass die innere Seite concav wurde. Diese Fähigkeit hatten auch die seitlichen Schichten, und es war also

erwiesen, dass der ganze längliche Wulst um die Basis des Blattstiels aus Schichten besteht, welche durch Krümmung an ihrer innern Seite einen Druck auf den Blattstiel üben. Wird das Gleichgewicht dieses Druckes aufgehoben, so bewegt sich der Blattstiel und die Blättchen in der einen oder andern Richtung. DUTROCHET schliesst aus seinen Versuchen p. 194., dass die Bewegung der Blattstiele und Blättchen von der Krümmung der Schichten des Wulstes, und diese wieder aus der Annäherung der von einander durch zartes Zellgewebe getrennten runden Zellen des Wulstes entstehen. Geht diese Erklärung aus seinen Versuchen hervor, so zeigt sich eine grosse Uebereinstimmung in der Contractilität der Pflanzen und Thiere, mit dem Unterschiede, dass die sich einander anziehenden Elemente bei den Thieren zusammenhängende Fäden bilden, während sie bei der *Mimosa sensitiva* zwar linear geordnet, aber von einander durch Interstitien getrennt sind. L. C. TREVIRANUS (*Zeitschrift f. Physiol.* I. 176.) und MOHL (*Flora*, 15. Jahrgang. p. 499.) nehmen die von DUTROCHET entdeckten anatomischen Thatsachen an, scheinen aber eine andere Deutung des Phänomens daraus zu folgern; beide sagen nämlich, dass DUTROCHET's Versuche bewiesen haben, dass die vegetabilische Reizbarkeit auf Expansion des parenchymatösen Zellgewebes beruhe. Indessen geht diese Erklärung aus DUTROCHET's Versuchen nicht direct hervor, und DUTROCHET erklärt die Erscheinung vielmehr umgekehrt durch die Annäherung der von einander getrennten rundlichen Zellen, p. 194. Die Hauptfrage bleibt immer noch: entsteht die Senkung der Blattstiele durch Expansion des Wulstes an der obern Seite, wodurch der Blattstiel abwärts gedrückt wird, oder durch Krümmung des Wulstes an der obern Seite nach unten, wodurch der Blattstiel auch abwärts gedrückt werden muss. Da die rasche Expansion des Zellgewebes weder erwiesen, noch auch überhaupt wahrscheinlich ist, da die Zellen nicht durch ihre Wände so schnell die zur Expansion nöthigen Flüssigkeiten an sich ziehen können, und da die abgeschnittenen Stücke des Wulstes nach DUTROCHET sich nicht expandiren, sondern im Wasser krümmen, so ist die Erklärung von DUTROCHET durch Anziehung, Zusammenziehung wahrscheinlicher. Wir kennen keine raschen Bewegungen durch Expansion, als die Erection, diese geschieht durch Erguss von Flüssigkeit in früher collabirte Höhlungen; ein solcher schneller Erguss ist aber bei den geschlossenen Zellen des Wulstes der *Mimosa* nicht wohl denkbar, und eine active schnelle Expansion der blossen Zellenwände nach allen Richtungen ist auch nicht denkbar. Ich muss mich daher zur Erklärung von DUTROCHET und zwar um so mehr hinneigen, als bei derselben die Analogie der vegetabilischen und animalischen Contractilität erhalten bleibt. Zugegeben, dass die Erscheinungen durch Contraction erscheinen, so sind nun wieder zweierlei Erklärungen möglich.

Nach DUTROCHET ist die Erhebung des Blattstieles die Folge der Action der untern Hälfte des länglichen Wulstes, die Senkung die Folge der Action der obern Hälfte des Wulstes. Nach

dieser Ansicht ist im gewöhnlichen Zustande, so lange die *Sensitiva* nicht erschüttert wird, allein die untere Hälfte des Wulstes thätig, und nur bei der Erschütterung äussert die obere Hälfte ihre Reizbarkeit. Das heisst mit anderen Worten: die untere Hälfte des Wulstes, welche den Blattstiel beständig nach oben drückt, ist auf äussere Reize gar nicht afficirbar, gar nicht reizbar, sie wirkt bloss unter dem Einfluss der allgemeinen Lebensreize; gerade dann, wenn plötzliche Reize wirken, äussert sie ihre Contractilität nicht mehr. Diese Erklärung der *Facta* geht aus den von DUTROCHET entdeckten Thatsachen nicht nothwendig hervor, und einige Beobachtungen scheinen ihr zu widersprechen. Die abgeschnittenen Stücke des Wulstes contrahiren sich im Wasser, sie mögen oben oder unten oder an den Seiten des Wulstes abgeschnitten seyn; ihre Contractilität müsste daher an allen Seiten des Blattstieles gleich seyn; indessen ist doch die folgende, auf einen supponirten Antagonismus von Elasticität und Contractilität beruhende Erklärung viel unwahrscheinlicher. Nimmt man an, dass der ganze längliche Wulst rund um die Basis des Blattstiels sich ohne Unterlass nach innen zusammenzieht (wie es im Wasser die abgeschnittenen Theile desselben thun), so wird im nicht erschütterten Zustande der Blattstiel gegen seine Insertion hingezogen, und er ist aufgerichtet. Jede Erschütterung soll nun, wie das Leben der ganzen Pflanze, so nämlich die Contractilität des Wulstes stören; der Blattstiel wird sich dann, so lange die Folgen der Erschütterung dauern, nicht mehr erhoben erhalten können; er wird sich (seiner Elasticität folgend?) senken. Haben die Folgen der Erschütterung aufgehört, so wirkt die Contractilität des ganzen Wulstes wieder, und der Stiel erhebt sich in der Richtung seiner Insertion wieder. Die Bewegung der Blättchen im Momente der Erschütterung gegen einander wäre dann auch als Zustand der Ruhe der lebendigen Contractilität zu betrachten, wie er auch im Schläfe der Pflanze eintritt, und die Entfaltung ausser der Zeit der Erschütterung fiel in die Zeit der Wirkung ihres Wulstes. Man sieht, dass sich die Phänomene auch so erklären lassen. Die abwechselnden Bewegungen der Blättchen von *Hedysarum gyrans* wären kein unübersteigliches Hinderniss gegen diese Erklärung. Man nimmt in diesem Fall, statt des Antagonismus zweier lebendigen Kräfte, eine rhythmisch wirkende lebendige Kraft, eine abwechselnd wirkende Contractilität an, während die Theile in den Zwischenzeiten der Elasticität allein folgen. Wäre die letztere Erklärung richtig, so würde sich die Contractilität der Pflanzen in dem Punkte wesentlich von der der thierischen, d. h. mit Nerven begabten Wesen unterscheiden; dass störende Eingriffe sie auf einen Augenblick aufheben, während diese Einflüsse bei den Thieren auf die Nerven wirkend, die Wirkung der Nerven entladen und eine Verstärkung der Contraction, eine Zuckung hervorbringen. Ich halte indess die Erklärung von DUTROCHET für wahrscheinlicher, weil nach mehreren Beobachtern der auf Erschütterung gesenkte Blattstiel der künstlichen Erhebung widersteht, die Senkung des Blattstiels sich also als activer Moment erweist.

Nicht die unmittelbar gereizten Theile allein zeigen Contractilität; die Reizung pflanzt sich vielmehr auf eine noch unbekannte Art und wahrscheinlich durch Veränderung der Saftströmung in den Gefässbündeln auf andere oder alle reizbaren Theile der Pflanze fort, so dass von dem gereizten Theile aus, selbst dann, wenn die Reizung ohne Erschütterung durch Brennen oder Säuren geschah, allmählig die nächsten, dann die entfernten Theile der Pflanze afficirt werden. DUTROCHET hat durch Verletzung verschiedener Theile der Pflanze und Beobachtung der darauf stattfindenden Erfolge der Reizung es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass die Fortpflanzung der Reizung nicht durch das Mark und die Holzfasern, sondern durch die Saftgefässe geschehe. Die längere Beraubung von dem Lichteinflusse und eine niedere Temperatur machen die Pflanze zur Aeusserung der Contractilität auf plötzliche Reize unfähig, während die mit dem Schlafen und Wachen zusammenfallenden Bewegungen derselben Theile anfangs noch fort dauern.

b. Von dem leimgebenden contractilen Gewebe der Thiere.

Die ersten Spuren der lebendigen Contractilität zeigen sich bei den Thieren in einem den Fasern des Zellgewebes sowohl durch seine Structur als durch seine chemischen Eigenschaften so ähnlichen Gewebe, dass man verleitet werden könnte, es für damit identisch zu halten, und dem Zellgewebe nicht bloss die ihm auch nach dem Tode zukommende elastische Contractilität, sondern auch organisches Zusammenziehungs-Vermögen zuzuschreiben. Wir wollen es vorläufig leimgebendes contractiles Gewebe nennen, ein Name, der seine Verschiedenheit von den aus Faserstoff bestehenden Muskeln hinlänglich bezeichnet. Da es am meisten Aehnlichkeit mit dem Zellgewebe besitzt, so wollen wir zuerst einen Blick auf dessen Structur und chemische Eigenschaften werfen.

Die Zusammensetzung des Zellgewebes ist schon oben Bd. I. p. 410. beschrieben. Es besteht aus mannigfaltig durchflochtenen Fascikeln, die wieder aus parallelen, ganz glatten, durchsichtigen Primitivfasern bestehen. Diese Fasern sind sehr fein und messen nach KRAUSE $\frac{1}{1200}$ — $\frac{1}{3500}$ “, nach JORDAN (MUELLER'S *Archiv* 1834.) 0,0007 englische Linien im Durchmesser. Die Beschaffenheit dieser Fasern ist so eigenthümlich, dass sie sogleich unter dem Mikroskop jedesmal von anderen Fasern leicht unterschieden werden können. Ausser ihren glatten Rändern und ihrer durchsichtigen Beschaffenheit haben sie in ihrer geschwungenen Lage etwas ganz Charakteristisches. Unausgespannt bilden diese Fasern keine geraden Fäden, immer liegen sie bogen- oder wellenförmig. Doch bleiben die Fasern eines primitiven Bündels bei den Biegungen parallel. Diess Verhalten kömmt von der grossen Elasticität des Zellgewebes her. So oft diese Bündel gedehnt werden, jedesmal nehmen sie, sobald die Dehnung aufhört, die verschlungene Lage wieder ein. In chemischer Hinsicht gehört das Zellgewebe (von Blut und Lymphe ausgewaschen) in die Classe

der leimgebenden Gewebe (Zellgewebe, fibröses Gewebe, Knorpelgewebe). Es kann durch Kochen in Leim aufgelöst werden. Eigenschaften des Leims Bd. I. p. 128. Hiedurch unterscheiden sich die Zellgewebefasern durchaus von den Muskelfasern, welche in die Classe der eiweissartigen Körper gehören. Das Zellgewebe hat auch mit dem fibrösen Gewebe, Knorpelgewebe und auch mit dem elastischen Gewebe (welches beim Kochen keinen Leim giebt) das Verhalten gegen das rothe Cyaneisenkalium gemein. Seine essigsäure Auflösung wird nämlich durch Zusatz von rothem Cyaneisenkalium nicht getrübt, während die essigsäure Auflösung der eiweissartigen Körper, und also auch des Muskelgewebes, von rothem Cyaneisenkalium getrübt wird. Das chemische Verhalten des Zellgewebes ist oft zur Erkenntniss des Zellgewebes von Wichtigkeit, namentlich zur Unterscheidung des contractilen Zellgewebes von derjenigen Classe der Muskelfasern, welche gleichförmige und nicht varicöse Fäden bilden. Doch fehlt auch im letzten Fall, z. B. an den nicht varicösen Muskelfasern des Uterus, der Iris, des Darmkanals, immer die charakteristische geschwungene oder wellenförmige Lage der Zellgewebefasern.

Die Contractilität des dem Zellgewebe vergleichbaren Gewebes ist schon seit langer Zeit bekannt; aber man hat diese Erscheinung an gewissen Theilen oft mit der Muscularcontraction verwechselt, und da eine so geringe Veränderung des Durchmessers, als sie diese Art der Contraction bewirkt, leicht übersehen werden kann und schwer zu beweisen ist, so ist diese Erscheinung von Einigen ganz vernachlässigt oder gar geläugnet worden. Um diese Erscheinungen zu constatiren und zu studiren, geht man am zweckmässigsten von denjenigen Theilen aus, wo sie am auffallendsten sind, und wo eine genaue mikroskopische und chemische Sonderung der Gewebe möglich ist. Am auffallendsten ist die Erscheinung an der Tunica dartos des Hodensacks, die wegen ihrer lebhaften Contractilität, die sie am häufigsten gegen Kälte äussert, den Namen der Fleischhaut sich erworben hat. Die Structur derselben und ihre Stellung im Systeme der Gewebe ist neuerlich von JORDAN (*MUELLER's Archiv*, 1834) aufgeklärt worden.

Das Folgende ist ein Auszug dieser Untersuchungen. An der Stelle, wo an der äussern Fläche des Hodensacks oben die Falten ihren Anfang nehmen, verändert auch das Unterhautzellgewebe sein Ansehen und seine Structur; die Fettzellen, welche am Mons Veneris noch in reichlicher Menge vorhanden sind, hören plötzlich auf, und statt ihrer erscheint bei kräftigen Menschen, deren Hodensack auch stark gerunzelt ist, ein röthliches faseriges Gewebe. Die Fasern sind dehnbar und elastisch, und zu dünneren und diese zu dickeren Bündeln vereinigt, welche sämmtlich ihre Richtung von oben nach unten nehmen, also rechtwinklig gegen die Falten der äussern Haut gestellt sind, mit welcher sie so innig zusammenhängen, dass sie nur mit grosser Mühe und Vorsicht davon abpräparirt werden können. Diese Bündel laufen aber nicht vollkommen parallel neben einander, sondern anastomosiren vielfach, indem von einem Bündel Par-

ten abgehen und sich an das benachbarte Bündel anlegen, wodurch viele Maschen gebildet werden, die sämmtlich ihren längsten Durchmesser von oben nach unten haben und ein sehr dichtes und festes netzförmiges Gewebe zusammensetzen. So wie die Falten der äussern Haut, so ist auch dieses Gewebe an der vordern Seite des Hodensacks am deutlichsten, an der hintern meist gar nicht wahrzunehmen; man findet dasselbe schon bei kleinen Kindern und Neugeborenen. Auch unter der äussern Haut des Penis zeigen sich ähnliche röthliche Fasern, die aber hier ein unregelmässigeres und viel dünneres Gewebe bilden. Ausser den beschriebenen Fasern finden sich in diesem Gewebe noch viele lange, dünne, gelbliche, sehr elastische und wenig verzweigte, abwärts laufende Cylinder. Diese sind, wie sich JORDAN durch Injectionen überzeugt hat, Arterien, an der vordern Seite des Scrotum Aeste der A. pudenda externa, an der hintern Seite des Scrotum der A. scrotales posteriores. Zwischen der äussern Haut und der Tunica dartos fand JORDAN kein verbindendes Zellgewebe, sondern die Faserbündel dieser hängen unmittelbar und sehr innig mit jener zusammen; die Cutis muss daher immer den Bewegungen der innern Haut folgen. Dagegen befindet sich zwischen der innern Fläche der Tunica dartos und den darunter liegenden Gebilden, dem Cremaster nämlich und der Tunica vaginalis communis, ein so lockeres Zellgewebe, dass, wie JORDAN aus Versuchen an Leichnamen und lebenden Thieren gesehen hat, der Hode mit seinen Scheidenhäuten durch den Cremaster in die Höhe gezogen werden kann, während der untere Theil des Hodensacks leer bleibt.

Die Bündel, aus denen die Tunica dartos besteht, lassen sich in äusserst feine elastische Fasern auseinander ziehen. Diese Primitivfasern erscheinen unter dem zusammengesetzten Mikroskope als ihrer ganzen Länge nach gleich dicke, geschlängelte Cylinder, deren Durchmesser nach den von JORDAN angestellten Messungen zwischen 0,0005—0,0009 Engl. Linien variirt, und im Mittel 0,0007 Engl. Lin. beträgt. Ebenso fand JORDAN den Durchmesser der geschlängelten Primitivfasern des Zellgewebes in anderen Theilen = 0,0005—0,0009, und in der Mehrzahl = 0,0007 Engl. Lin. Die varicösen Muskelfasern, wie sie in den willkürlichen Muskeln und im Herzen vorkommen, betragen nach SCHWANN's genauen mit demselben Mikrometer angestellten Untersuchungen weniger im Durchmesser, nämlich im Mittel 0,0004 Engl. Lin. Die nicht varicösen cylindrischen Muskelfasern, wie sie im Darmkanal, Uterus des Menschen und der Thiere, und in der Iris vorkommen, weichen im Durchmesser auch von den Zellgewebefasern ab. Die Primitivmuskelfasern des Dickdarms betragen nach SCHWANN's Messungen 0,0007—0,0011—0,0013, sind also stärker als die Fasern des Zellgewebes und der Tunica dartos. Die Primitivfasern in der Iris des Schweins fand SCHWANN sehr fein, 0,0002—0,0003 Engl. Lin.; sie sind also feiner als die Fasern des Zellgewebes und der Tunica dartos. Aber abgesehen von dem Durchmesser der Fasern gleichen die Fasern der Tunica dartos durch ihr geschwungenes Ansehen und durch ihre

Elasticität ganz den Zellgewebefasern, und nicht den cylindrischen Muskelfasern der vorher erwähnten Theile.

Da nun aber die Faserbündel der Tunica dartos in Masse grauröthlich, die Faserbündel des Zellgewebes vielmehr grauweisslich aussehen, und da die Bündel der Tunica dartos, obgleich Maschen bildend, doch durchgängig derselben Längenrichtung folgen, während die Bündel der Zellgewebefasern in den mannigfaltigsten Richtungen sich durchkreuzen, so fragt sich, ob die mikroskopische Uebereinstimmung der Fasern der Tunica dartos mit den Zellgewebefasern hinreicht, jene Haut mit dem Zellgewebe zu vereinigen. Die Entscheidung dieser Frage wird besonders durch die grosse mikroskopische Aehnlichkeit der Primitivfasern des Sehnengewebes mit den Zellgewebefasern schwierig, indem hinwieder das Sehnengewebe doch durchaus durch seine Eigenschaften sich von dem Gewebe der Tunica dartos unterscheidet. Sie wird auch erschwert durch die Existenz jener ganzen Classe von Muskeln, deren Primitivfasern nicht wie gewöhnlich varicös, sondern gleichförmig cylindrisch sind, eine Bildung, durch welche das Gewebe der Tunica dartos dem Gewebe jener Muskeln sehr nahe gestellt scheint. Hierzu kömmt, dass die Bewegung der Tunica dartos, wenn sie gleich in der Regel auf den Reiz der Kälte geschieht, doch auch zuweilen durch innere Zustände des Nervensystems bedingt wird, wie denn zuweilen derselbe Zustand der Nerven sowohl die Anziehung eines wirklichen Muskels, des Cremasters, als auch die Faltenlegung und Kräuselung des Hodensacks bewirkt; Phänomene, welche, wie sich sicher beweisen lässt, sich nicht von dem Cremaster zugleich ableiten lassen.

Andererseits sehen wir indess in der That auch Spuren der Contractilität des wahren Zellgewebes in anderen Theilen, z. B. an dem Unterhautzellgewebe zwischen den Platten der Vorhaut, welche sich bei reizbaren Menschen beim Baden in kaltem Wasser oft ganz enge zu festen Runzeln zusammenzieht. Es scheint auch das Phänomen der Gänsehaut hieher zu gehören, wobei kleine rundliche Erhebungen, wahrscheinlich die Bälge der Haut, sichtbarer werden. Diess Phänomen tritt auch ein, wenn ein kalter Luftstrom die Haut plötzlich berührt, oder bei Schauer bewirkenden Einwirkungen auf das Nervensystem. Jedenfalls ist etwas in der Haut Ursache der Erhebung, was von dem Muskelgewebe verschieden ist, und es lässt sich vermuthen, dass es das die Hautbälge umgebende Zellgewebe ist. Endlich kann auch das Phänomen der plötzlichen Erhebung der Brustwarze hieher gerechnet werden. Denn dass diese Erscheinung in die Classe der Erscheinungen der Erection gehöre, und von vermehrtem Blutzufluss herrühre, wie man gewöhnlich ohne Prüfung annimmt, muss ich aus mehreren triftigen Gründen bezweifeln. Denn 1. fehlt in der Brustwarze das spongiöse Gewebe der Corpora cavernosa penis, jene anastomotischen Venen, die sich mit Blut anfüllen können, und die Arteriae helicinae (Bd. I. 2. Aufl. p. 214.), welche das wahre erectile Gewebe auszeichnen und in die venösen Sinus der Corpora ca-

vernosa hineinragen. 2. tritt die Erhebung nicht bloss beim weiblichen Geschlecht unter wollüstigen Berührungen der Brustwarze ein, sondern es ist dieselbe Erscheinung an der Brustwarze des Mannes, ohne allen Zusammenhang mit dem Geschlechtstriebe, wahrnehmbar. 3. Beim Manne erhebt sich die Brustwarze fast augenblicklich und deutlich sichtbar, wenn man sie an sich selbst plötzlich und stark berührt, weniger wenn man sie mit kaltem Wasser berührt, mehr wenn man plötzlich in ein kaltes Bad tritt. 4. Diese Erhebung ist mit keiner grösseren Völle der Brustwarze verbunden; indem sie sich innerhalb einiger Sekunden erhebt, wird sie vielmehr dünner und verliert in der Breite, was sie an Länge gewinnt. Alles Phänomene, welche die grösste Aehnlichkeit mit dem Sichtbarwerden der Hautfollikeln in der Gänsehaut und mit der Zusammenziehung und Runzelung der Vorhaut im kalten Wasser haben. Diese Erhebung der Brustwarze wird daher viel passender von einer Zusammenziehung des Unterhautzellgewebes um die Brustwarze erklärt. Es ist merkwürdig, dass das contractile Zellgewebe gerade vorzugsweise dort unter und in der Haut vorkommt, wo die Haut eine dunkle Färbung hat, wie am Penis, am Hodensack, an der Brustwarze. Fügt man hierzu noch, dass sich in der ganzen Haut des Menschen unabhängig von einem Hautmuskel, ein schwächerer Grad von Zusammenziehungskraft äussert, und erwägt man, dass diese Erscheinung von eingestreuten Muskelfasern wohl nicht herrühren kann, so wird es sehr wahrscheinlich, dass alle bisher betrachteten Phänomene ihren gemeinsamen Grund in einem contractilen Zellgewebe haben, welches sich von dem gewöhnlichen Zellgewebe im Bau seiner Primitivfasern nicht unterscheidet. Die Uebereinstimmung des contractilen Zellgewebes mit dem gewöhnlichen Zellgewebe, und die Entfernung von der Classe der nicht varicösen, sondern cylindrischen Muskelfasern, wird noch grösser durch die chemische Analogie zwischen dem contractilen Gewebe der Tunica dartos und dem Zellgewebe, und durch die Verschiedenheit desselben von dem Gewebe der Muskeln.

JORDAN hat gezeigt, dass die Tunica dartos schon durch dreistündiges Kochen zum Theil in Leim umgewandelt wird, und dass ihre essigsaure Auflösung, wie die des Zellgewebes und aller leimgebenden Gewebe und des elastischen Gewebes von Cyaneisenkalium nicht gefällt und nicht getrübt wird.

Ueber die Contractilität der Tunica dartos hat JORDAN auch Versuche angestellt. Der gewöhnliche Reiz für ihre Zusammenziehung ist die Kälte; die Wärme erschlaft sie; der Galvanismus wirkt nicht auf sie, und diess ist um so interessanter, als es ein unterscheidendes Kennzeichen der Contractilität des Zellgewebes und der Muskeln abgiebt. An dem Anziehen der Hoden gegen den Bauchring hat die Tunica dartos keinen Antheil; diess geschieht durch den Cremaster. Bei Thieren, deren Hodensack nicht gefaltet ist, wie beim Kaninchen, beim Hunde, fand JORDAN auch keine Dartos, sondern gewöhnliches Zellgewebe; beim Schafbock dagegen bei einer starken, wiewohl unregelmässigen Runzelung der äusseren Haut auch eine sehr ausgebildete Dartos.

Der Hodensack des Schafbocks runzelte sich auch in JORDAN'S Versuch, als er mit kaltem Wasser begossen wurde. Zugleich wurden auf denselben Reiz und eben so plötzlich, als die Einwirkung desselben erfolgte, die Hoden durch den Cremaster in die Höhe gezogen, während der untere Theil des langsamer sich zusammenziehenden Hodensacks leer zurückblieb. Wurde die Anwendung des kalten Wassers ausgesetzt, so entfaltete sich auch der Hodensack in der Wärme wieder; das Herabsinken der Hoden dagegen erfolgte weit früher und eben so plötzlich, wie das Anziehen derselben. Der galvanische Reiz einer Säule von 65 Plattenpaaren zeigte auf die innere Fläche des Hodensacks keine Wirkung, dagegen der Hoden augenblicklich durch den Cremaster erhoben wurde.

c. Vom elastischen und contractilen Gewebe der Arterien.

Dass die elastische Faserhaut der Arterien keine Muscularcontractilität besitze, ist schon oben Bd. I. p. 195. theils aus galvanischen Versuchen, theils aus den wahren Eigenschaften dieser Haut bewiesen worden. Diese gelben Fasern gehören in eine Kategorie mit allen übrigen elastischen gelben Bändern und elastischen gelben Faserhäuten, wie das Ligamentum nuchae der Säugethiere, die gelben Bänder der Wirbelsäule (Ligamenta intercruralia), die gelben Bänder des Kehlkopfes, die gelben Fasern des häutigen Theils der Luftröhre und der Bronchien, das elastische Flügelband der Vögel, die elastischen Bänder an den Krallengliedern der Füße in der Katzenfamilie, das von mir entdeckte elastische Band am einziehbaren und ausstülpbaren Theil des Penis des amerikanischen Strausses, das Schlossband der Muscheln. Die Elasticität der mittlern Haut der Arterien, wodurch sie sich, nach jeder Ausdehnung durch den Blutimpuls, bis zum nächsten Herzschlage zusammenziehen kann, erhält sich jahrelang in Weingeist. Ein Stück der Aorta eines jungen Wallfisches, das ich von meinem Freunde ESCHRIEHT erhielt, ist im höchsten Grade elastisch, obgleich es jahrelang in Weingeist gelegen. Dünne Schichten davon abgeschnitten zeigen angezogen dieselbe Elasticität wie Gummi elasticum. Ganz so verhält sich aber alles elastische Gewebe, und mit allen oben erwähnten Bändern, die in Weingeist aufbewahrt worden, habe ich Versuche gemacht. Kurz die elastische Faserhaut der Arterien ist physicalisch und nicht durch eine Lebenseigenschaft contractil; sie zieht sich zusammen, wenn sie vorher ausgedehnt worden und die Ursache der Ausdehnung, wie nach einem Herzschlage, aufhört. PARRY und TIEDEMANN nehmen an den Arterien, ausser ihrer Elasticität, auch noch einen lebendigen Tonus an, der zwar bei dem Phänomen der rhythmischen Blutbewegung nicht wesentlich mitwirkt, aber sich doch an blossgelegten Arterien durch eine ganz allmählig eintretende Zusammenziehung äussert, und wodurch die Arterien vor dem Stillstande aller Blutbewegung bei dem Tode etwas

enger werden, als sie nach dem Tode durch ihre blosse Elasticität seyn können. Man weiss längst, dass kaltes Wasser zum Stillen der Blutung aus angeschnittenen Arterien geeignet ist; es ist Dr. SCHWANN gelungen, diese wichtige Erscheinung durch ein schönes Experiment aufzuklären. Wenn man nämlich kaltes Wasser auf die kleinen Arterien eines solchen durchsichtigen Theiles anwendet, wo die Arterien ganz unbefestigt und von dichtem Gewebe am wenigsten umgeben sind, so lässt sich die ganz langsam wirkende organische Contractilität gegen die Kälte sehen. Am besten eignet sich hierzu das Mesenterium der Feuerkröte, *Bombinator igneus*, besser als das Mesenterium des Frosches, weil dieses sich nicht so gut ausbreiten lässt. Nachdem das Mesenterium des Thieres unter dem Mikroskope ausgebreitet war, brachte SCHWANN einige Tropfen Wasser von einer Temperatur einige Grade niedriger als die der Luft (im Sommer) auf dasselbe. Bald darauf begann die Verengung der kleinen Arterien, und die Gefässe verengten sich binnen 10—15 Minuten allmählig so, dass der Durchmesser des Lumens einer Arterie der Feuerkröte, der anfangs 0,0724 Engl. Lin. betrug, auf 0,0276 reducirt, also um das 2—3fache verkleinert, das Lumen der Arterie selbst also um das 4—9fache verengt wurde. Die Arterie erweiterte sich darauf wieder, und hatte nach einer halben Stunde ihre frühere Ausdehnung ziemlich wieder erlangt. Wurde nun von neuem kaltes Wasser darauf gebracht, so verengte sie sich wieder, und so liess sich der Versuch an derselben Arterie mehreremal wiederholen. Die Venen dagegen verengten sich nicht. Die Beobachtung von SCHWANN wurde so oft wiederholt, dass an der Thatsache durchaus kein Zweifel ist. Ich selbst fand sie bei der Feuerkröte bestätigt. Da die grösseren Arterien zu diesem Versuche weniger geschickt sind, so ist es von Wichtigkeit, sich den Durchmesser der gemessenen Arterie zu merken. Die mit einer Messung begleitete Beobachtung betraf eine Arterie von 0,0724 Lin. Durchmesser. Die Arterien von circa $\frac{1}{10}$ Lin. Durchmesser besitzen also diesen ausserordentlichen Grad von langsam wirkender Contractilität gegen Kälte. Dass die über die Contractilität der kleinen Arterien mit chemisch wirksamen Flüssigkeiten und mit dem Galvanismus (der das Eiweiss des Bluts gerinnen macht) angestellten Versuche keine Beweiskraft haben, ist schon oben Bd. I. p. 195. auseinandergesetzt worden. SCHWANN hat einen geringen Grad von Contractilität gegen Kälte auch an etwas stärkern Arterien beobachtet. An den allerkleinsten Arterien lassen sich am Mesenterium des Frosches bei sehr starker Vergrösserung noch zarte undeutliche Querfasern sehen, und Dr. SCHWANN hat dergleichen Fasern selbst an den Capillargefässen im Mesenterium des Frosches bei sehr starker Vergrösserung (Objectiv 4. 5. 6. der SCHIEK'schen Mikroskope) entdeckt, wodurch nun entschieden bewiesen ist, dass die Capillargefässe Wände haben. Da diese Querfasern an den kleinsten Arterien dieselbe Anlage haben, als die elastischen Querfasern aller Arterien, so ist es zweifelhaft, ob diese Querfasern es sind, welche die Contraction der kleinen Arterien von kaltem

Wasser hervorbringen, ob das elastische Gewebe der Arterien, das seine Elasticität Jahre lang nach dem Tode in Weingeist erhält, während des Lebens auch noch die mit dem Tode verloren gehende Eigenschaft des Tonus besitzt, oder ob die unmerkliche Zusammenziehung der kleinen Arterien auf Anwendung der Kälte von noch unbekannten Elementen in ihrer Structur herrührt. Den Tonus der Arterien von ihrer Zellgewebescheide abzuleiten, nehmen wir deswegen Anstand, weil die kleinen Venen jene Contractilität nicht zeigen. Von der Muscularcontractilität unterscheidet sich der Tonus der Arterien, dass er nicht allein keine plötzlichen Contractionen bewirkt, sondern auch von der Electricität nicht deutlich, vorzüglich aber wie die Zusammenziehung des Leim gebenden contractilen Gewebes von Kälte angeregt wird.

d. Vom Muskelgewebe.

1. Chemisches Verhalten.

In chemischer Hinsicht gehören die Muskeln zur Classe derjenigen thierischen Theile, welche beim Kochen keinen Leim geben (ausser dem die Muskelbündel verbindenden Zellgewebe), und deren essigsaure Auflösung von rothem Cyaneisenkalium gefällt wird. So verhalten sich alle eiweissartigen Körper, als da sind das Eiweiss, der Käsestoff, der Faserstoff, das faserige Gewebe der Corpora cavernosa des Pferdes, und das faserstoffhaltige Gewebe der Muskeln. Dieser Classe der eiweissartigen Körper ist die zweite Classe der Stoffe und Gewebe entgegengesetzt, welche sich im thierischen Körper weniger durch Lebenseigenschaften, als vielmehr durch ihre physicalischen Eigenschaften der Cohärenz, Undehnbarkeit oder Dehnbarkeit und Elasticität auszeichnen. Letztere verhalten sich chemisch wieder auf gleiche Art. Ihre essigsaure Auflösung wird von rothem Cyaneisenkalium nicht gefällt, und hieher gehören: das Zellgewebe, das Sehnengewebe, das elastische Gewebe und der Knorpel, wovon das Zellgewebe, Sehnengewebe, Knorpelgewebe beim Kochen Leim geben, während das elastische Gewebe hiebei sich nicht in Leim auflöst. Durch dieses chemische Verhalten beider Classen der thierischen Stoffe lässt sich die elastische Arterienfaser leicht von der Muskelfaser unterscheiden, welche erstere sich chemisch ganz so wie alles elastische Gewebe, nämlich wie das elastische Gewebe des Ligamentum hyothyreoideum und cricothyreoideum medium, die elastischen Fasern der hintern Haut der Luftröhre, die Ligamenta flava der Wirbelsäule, das Band der Flughaut der Vögel, das Ligamentum nuchae der Säugethiere verhält. Dagegen ist es schwer und oft unmöglich, von einem Körper, der nach seinem chemischen Verhalten zur Classe der eiweissartigen Körper gehört, chemisch auszumitteln, ob er Muskelsubstanz oder Eiweiss u. s. w. ist. Das ungeronnene Eiweiss lässt sich zwar durch seine Löslichkeit in kaltem und lauem Wasser und durch seine Gerinnbarkeit bei 70—75° Cent., durch Alcohol, Mineralsäuren, Metallsalze, der ungeronnene Faserstoff durch

seine freiwillige Gerinnung ausser dem thierischen Körper, der ungeronnene Käsestoff durch seine Auflöslichkeit auch bei der Siedhitze erkennen; allein das geronnene Eiweiss und der geronnene Faserstoff des Blutes und der Muskeln lassen sich chemisch nicht weiter unterscheiden, als dass der Faserstoff das Wasserstoffsperoxyd zersetzt, worauf das Eiweiss ohne Einfluss ist. Den Faserstoff des Blutes und der contractilen Muskeln zu unterscheiden giebt es keine chemischen Hülfsmittel. Vergl. über die chemische Zusammensetzung der Muskeln, Bd. I. p. 351.

Zur Unterscheidung solcher faserigen Gewebe, welche beim Kochen keinen Leim geben und deren essigsaure Auflösung von rothem Cyaneisenkalium gefällt wird, die also zur Classe der eiweissartigen Körper gehören, giebt es kein Hülfsmittel als die Beobachtung ihrer Lebenseigenschaften. So sind das faserige Gewebe in den Corpora cavernosa des Penis des Pferdes, und die contractile Muskelsubstanz nur durch die Lebenseigenschaft der lebendigen Muskeln, sich auf Reize zusammenzuziehen, unterscheidbar, welche nach meiner am lebenden Pferde angestellten Untersuchung jenem Gewebe des Penis fehlt. Wären alle Muskelfasern perlschnurartig oder varicös, und gäbe es nicht eine ganze Classe von gleichartigen cylindrischen Muskelfasern, so wäre jene Unterscheidung durch das Mikroskop leicht, da sie doch in der That unmöglich ist.

Aber selbst die Contractilität ist nicht immer hinreichend, Muskelfasern zu unterscheiden. Aus der Classe der nicht eiweissartigen Körper besitzen einige Gewebe einen geringen Grad von Contractilität, namentlich gegen Kälte. So zieht sich das Gewebe der Tunica dartos, die wesentlich aus leimgebenden Fasern besteht, auf den Reiz der Kälte zusammen, ebenso das Hautzellgewebe, namentlich um die Hautfollikeln beim Phänomen der Gänsehaut, das Unterhautzellgewebe des Penis, namentlich der Vorhaut, und wie SCHWANN durch mikroskopische Versuche (siehe oben p. 29.) an den kleineren Arterien entdeckt hat, ziehen sich diese auf den Reiz der Kälte ganz langsam zusammen, und dehnen sich später wieder aus. Die Unterscheidung der contractilen Zellgewebefasern und der nicht perlschnurartigen Form der Muskelfasern ist jedoch durch chemische Hülfsmittel, die oben angegeben sind, leicht. Die Fasern des Uterus, der Iris verhalten sich z. B. chemisch wie Muskelfasern, die Fasern der Tunica dartos wie Zellgewebefasern. Letzteres ist durch JORDAN'S Untersuchungen erwiesen. Siehe oben p. 27.

Die rothe Farbe der Muskeln hat man vom Färbestoff des Bluts abgeleitet, und in der That wird diese Farbe auch, wie die des Färbstoffes des Bluts, an der Luft erhöht. Indessen sah SCHWANN einmal die von Natur blassen Muskeln des Karpfen bei der Maceration in der Kälte im Winter nach einiger Zeit stark roth werden, was gegen die Ableitung der Farbe von einer mit dem Färbstoffe des Bluts identischen Materie spricht.

2. Bau der Muskeln.

Die Elemente der Muskeln sind entweder perlschnurartige

oder cylindrische Fasern, welche unverzweigt und parallel bündelweise neben einander liegen, und in den primitiven Bündeln nach KRAUSE durch eine durchsichtige zähe Flüssigkeit mit einander verbunden sind. Die primitiven Bündel von 500—800 Fasern sind nach KRAUSE $\frac{1}{32}$ ''' — $\frac{1}{260}$ ''' dick. Nach SCHWANN'S Untersuchungen betragen sie am Schlunde des Menschen 0,0210—0,0250 Engl. Linien im Durchmesser. Die primitiven Bündel sind von Zellgewebescheiden eingeschlossen und verbunden. Aus der Zusammensetzung der primitiven Bündel entstehen secundäre u. s. w. Selten liegen schon die Bündelchen zwischen festen fibrösen Scheidewänden, wie bei Petromyzon. Hier sind die Seitenmuskeln nicht allein durch sehr viele schiefe Ligamenta intermuscularia in Abtheilungen zerfällt, wie bei den Fischen überhaupt, sondern zwischen diesen liegen wieder parallele sehr feste Scheidewändchen dicht neben einander, und in den engen Räumchen dieser Scheidewände liegen die plattenartigen Bündel des sehr weichen Muskelfleisches. In Hinsicht der Form der Elementarfasern sind die Ansichten der Physiologen sehr verschieden. Einige halten sie für einfach und gleichartig, wie SCHULTZE; Andere betrachten sie als aus Kügelchen zusammengesetzt, wie BAUER, HOME, MILNE EDWARDS, PREVOST und DUMAS, KRAUSE; Andere sehen sie als knotig an. So widersprechend die erstere und die letztere Ansicht sind, so sind sie doch zugleich richtig; es kommt nämlich auf die Art der untersuchten Muskeln an, von denen es 2 Formen giebt.

I. *Muskeln mit varicösem Bau der Primitivfasern und Querstreifen der primitiven Bündel.* Diese Muskeln sind die am meisten untersuchten. Es gehören hieher die mehr rothen Muskeln der willkürlichen und unwillkürlichen Bewegung; von dem System der willkürlichen Muskeln alle, mit Ausnahme der Urinblase, vom System der unwillkürlichen Muskeln die des Herzens. Es gehören jedoch nicht alle rothen Muskeln hieher; das rothe Muskelfleisch des Vogelmagens gehört z. B. in die zweite Classe der Muskeln mit der Muskelschicht des ganzen Darms. Auch sind die hieher gehörenden Muskeln nicht in allen Fällen roth. Die Muskeln der Fische sind in der Regel blass, und nur die Muskeln der Kiemendeckel sind oft roth, beim Karpfen auch eine dünne Schichte unter der Seitenlinie. Die rothen und die blassen Muskeln der Fische unterscheiden sich übrigens durch nichts in ihrem innern Bau; sie verhalten sich unter dem Mikroskope gleich und gehören zur ersten Classe der Muskeln. Alle hieher gehörigen Muskeln zeichnen sich nicht allein durch stärkere, sondern auch durch schnellere und dem Reize augenblicklich folgende Bewegungen aus. Die primitiven Bündel zeigen immer unter dem Mikroskope dicht hinter einander folgende Querstreifen, die durchaus parallel und meist gerade, selten ein wenig gebogen sind. Am Herzen sind die Querstreifen viel schwerer zu erkennen, aber auch vorhanden, wie R. WAGNER richtig bemerkt; selten sind die primitiven Bündel am Rande wellenförmig gekräuselt. Die Primitivfasern dieser Muskeln zei-

gen regelmässige rosenkranzförmige Anschwellungen, welche etwas dunkler sind, als die ganz kurzen dazwischen liegenden Einschnürungen. Doch lässt sich nicht behaupten, dass die Muskelfasern aus einer blossen Aggregation von Kügelchen bestehen, wobei die Zwischensubstanz zwischen den Anschwellungen übersehen wird, und ganz unhaltbar ist die Meinung, dass die Fasern durch Aggregation der Kerne der Blutkörperchen entstehen, von denen sie sich bei vielen Thieren nach meinen und R. WAGNER's Beobachtungen durch die Grösse unterscheiden. Vgl. oben Bd. I. p. 312. Der Durchmesser dieser Fasern beträgt nach PREVOST und DUMAS $\frac{1}{8100} = 0,00012$ P. Z., nach mir beim Frosch $\frac{1}{500} - \frac{1}{800}$ Lin., die feinsten beim Papagay 0,00020 P. Z. R. WAGNER fand sie bei allen Wirbelthieren und Insecten, und beim Flusskrebs, sowie an der Herzkammer von *Helix pomatia* sehr gleichmässig gross, nämlich $\frac{1}{800} - \frac{1}{1000}$ Lin. breit; KRAUSE mass sie zu $\frac{1}{800}$ bis $\frac{1}{1060}$ Lin. Die Blutkörperchen des Kaninchens sind 5—6mal grösser als die Primitivfasern seiner Muskeln.

Dr. SCHWANN hat sich anhaltend mit der mikroskopischen Untersuchung der Muskeln während eines Winters beschäftigt; er hat die Resultate seiner Untersuchung hier niedergelegt. Die Breite der Muskelbündel erster Ordnung beträgt 0,0216—0,0250 Engl. Lin. Um die Primitivfasern der Muskeln isolirt darzustellen, muss man die Muskeln bei einer geringen Temperatur von 1—8° R. 8—21 Tage lang maceriren. Bei einer höhern Temperatur verwandelt sich alles in einen Brei, an dem sich nichts mehr erkennen lässt; aber auch bei der angegebenen Temperatur verhalten sich die Muskeln verschiedener Thiere beim Maceriren nicht gleich. Bald verschwinden die Querstreifen, ehe die Primitivfasern sich isoliren, bald trennt sich ein Muskel eher der Länge nach als in seine Primitivfasern, obgleich die Querstreifen deutlich bleiben. Am besten eigneten sich die Muskeln des Kaninchens zur Untersuchung. Die Primitivfasern der Muskeln sind perlschnurartige Fäden. Es erscheinen nämlich an diesen Fäden unter dem Mikroskope regelmässig auf einander folgende dunkle Punkte von 0,0006—0,0008 Engl. Lin. Breite, die durch helle und etwas dünnere Stückchen unter einander verbunden sind. Die Entfernung der einzelnen Punkte ist nicht überall dieselbe. Sie lässt sich sehr genau messen, indem man die Länge eines Stückes misst, worin eine bestimmte Anzahl derselben vorhanden ist. So betrug die Entfernung von 5 dunkeln Punkten an einer Stelle von Schlunde des Menschen 0,0060"; ein einzelner dunkler Punkt mit dem dazu gehörigen hellen Stückchen mass also 0,0012". Davon kommen auf den hellen Theil ungefähr 0,0008", auf den dunkeln 0,0004". Dass die Querstreifen der Muskelbündel durch das Aneinanderlegen der dunkeln Punkte der Primitivfasern entstehen, wird durch folgende Beobachtungen erwiesen. 1. Ihre Entfernung stimmt vollkommen mit einander überein. Beim Kaninchen fand SCHWANN die Entfernung von 5 Querstreifen eines Muskelbündels 0,0045. An einer Primitivfaser, die aus demselben Bündel hervorstand, betrug die Entfernung von 5 dunkeln Punkten 0,0046. 2. Zuweilen

trennen sich am Ende eines macerirten Muskelbündels die Primitivfasern in der Breite von einander, ohne sich in der Länge zu verrücken. Man sieht dann an diesen ausgebreiteten Stücken noch Querstreifen, welche eben so weit von einander entfernt sind, wie die Querstreifen des übrigen Bündels, aber von dunkeln Puncten gebildet werden, die sich einzeln deutlich unterscheiden lassen und nicht mehr zusammenhängen. 3. Endlich beobachtet man auch zuweilen eine Verrückung der Primitivfasern der Länge nach; der Muskel erscheint dann beim ersten Anblick nicht quergestreift, sondern punctirt. Bei genauerer Betrachtung sieht man aber, dass die dunkeln Puncte, wenn man sie in der Richtung der Fasern verfolgt, regelmässig auf einander folgen. In der queren Richtung aber ist die Reihe unregelmässig unterbrochen. Da also die Querstreifen der Muskeln durch die dunkeln Puncte der Primitivfasern hervorgebracht werden, so braucht man bloss die Entfernung der Querstreifen des Muskels zu messen, um die Entfernung der dunkeln Puncte der Primitivfasern kennen zu lernen. An einem Muskelbündel erster Ordnung sind die Querstreifen immer parallel, also die dunkeln Puncte der Primitivfasern gleich weit von einander entfernt. Dagegen können die Querstreifen bei zwei dicht neben einander liegenden Muskelbündeln erster Ordnung, bei dem einen nahe zusammen, bei dem andern weit von einander entfernt liegen. Am auffallendsten ist diess beim Schlunde des Menschen der Fall. Die Entfernung von 5 Querstreifen betrug bei demselben an einer Stelle 0,0065—0,0068, an einer andern 0,0053—0,0056'', an einer dritten lagen sie noch dichter zusammen, so dass man sie nicht zählen konnte. Bei einer andern Leiche fand SCHWANN am Schlunde die Entfernung von 5 Querstreifen in einem Bündel 0,0034, an einem andern, dicht daran liegenden 0,0080''. Beim Kaninchen ist die gewöhnliche Entfernung in den willkührlichen Muskeln 0,0043—0,0046''.

Die Verbreitung der varicösen Muskelfasern, deren Bündel Querstreifen haben, ist beim Menschen sehr bestimmt, und nirgends giebt es Uebergänge. Sie finden sich in allen vom Cerebrospinalsystem abhängigen Muskeln, und von den unwillkührlichen bloss am Herzen, wo jedoch die Querstreifen sehr undeutlich sind. Am ganzen Darmkanale, am Uterus und an der Urinblase zeigen sich diese Muskelfasern nicht. Die Schlundmuskeln gehören der ersten Classe an. Ihre Bündel haben deutliche Querstreifen, und ihre Primitivfasern deutliche Varicositäten. Die Muskelfasern der Speiseröhre dagegen sind nicht varicos und zeigen keine Querstreifen. Die Grenze ist ganz scharf, aber nicht, wie man glauben könnte, am Anfange der Speiseröhre, sondern in der Gegend des Endes des ersten Viertels, wie SCHWANN entdeckt hat. Der oberste Theil der Speiseröhre ist noch mit einer Schicht von Muskelfasern der ersten Classe belegt, mit deutlichen Querstreifen und Varicositäten. Diese sind als Fortsetzung der eigentlichen Schlundmuskeln, die denselben Bau haben, zu betrachten. Die varicösen Muskelfasern am obersten Theile der Speiseröhre bilden an der hintern Seite bogenförmige zarte Bündel, die an

der einen Seite herabsteigen und bogenförmig zur andern Seite wieder heraufsteigen. So grenzt auch am Mastdarm das System der ersten Classe in dem Sphincter ani, dicht an das System der zweiten Classe, und dasselbe findet am Halse der Harnblase statt. Die pars membranacea der Harnröhre ist mit zarten röthlichen Muskelbündeln belegt, welche nach meiner Beobachtung deutliche Querstreifen haben und der ersten Classe angehören, während die blassen Muskelfasern der Harnblase und des Blasenhalses keine Spur davon zeigen.

Eines der merkwürdigsten contractilen Organe in der Thierwelt ist das Gaumenorgan der Karpfen und anderer Cyprinen, welches in der Familie der Cyprinoiden nicht allgemein ist, da ich es beim Rapf, *Cyprinus Aspius*, nicht vorfand. Der contractile Theil desselben ist der oberflächliche, darunter liegt Zellgewebe. Es ist ausserordentlich nervenreich durch Aeste des N. vagus. E. H. WEBER hat seine eigenthümliche Art der Contraction entdeckt. Bei mechanischer Berührung des Organs bemerkt man eine conische Erhebung der Oberfläche an dieser Stelle, die über eine Minute dauert. Streicht man in einer Linie mit einem spitzen Körper darüber, so entsteht ein Wall; macht man parallele Striche, so entstehen parallele Erhebungen. Drückt man breit auf, so erfolgt eine breite Erhebung. Durch Dehnung des Organs bewirkte ich Erhebung und Zuckung in der Richtung der Dehnung. Salpetersäure, Schwefelsäure und Alkohol wirkten in meinen Versuchen nicht, wohl aber Schwefelsäure in WEBER's Versuch. Die galvanische Entladung einer Säule von 40 Plattenpaaren brachte mir die stärksten Zuckungen des Organs hervor, immer in der Richtung der Strömung. Auch diess contractile Organ gehört zur ersten Classe der Muskelfasern. Oberflächlich betrachtet, sieht man an ihm gar keine Fasern und Bündel. Wird aber die Schleimhaut abgezogen und das Organ gerissen, so sieht man, dass es in gewissen Richtungen leichter reisst, und es kommen durcheinander geschobene rothe Fleischbündel zum Vorschein, welche bei mikroskopischer Untersuchung deutliche Querfasern besitzen und deren Primitivfasern varicös sind. Die Bündel sind alle ohngefähr so dick, wie die primitiven Bündel an den Muskeln der Menschen. Die meisten Bündel laufen von vorn nach hinten, aber schiefe Bündel schieben sich in mannigfaltigen Richtungen hindurch. Zwischen den Bündeln liegen sehr viele Oeltropfen. Hierdurch ist die eigentliche Wirkungsart des Organes aufgeklärt.

Die varicösen Muskelfasern mit Querstreifen der primitiven Bündel sind nicht auf die Wirbelthiere beschränkt. Bei den Insecten kommen sie z. B. in den willkührlichen Muskeln durchgängig vor. Jedes primitive Bündel hat eine sehr dünne Scheide, welche als durchsichtiger Rand oft unterschieden werden kann.

RUDOLPH WAGNER hat viele niedere Thiere in Hinsicht des Vorkommens der gestreiften Muskelbündel untersucht. MUELLER's *Archiv*. 1835. 318. Er fand sie, ausser allen Wirbelthieren, bei den Insecten, Crustaceen, Cirrhipeden und Arachniden.

II. Muskeln mit cylindrischen, nicht varicösen Primitivfasern und ohne Querstreifen der primitiven Bündel. Im ganzen Tractus intestinalis der höheren Thiere, vom eigentlichen Oesophagus an bis zum After, kommen diese Muskelfasern vor. Diess ist um so auffallender, da die willkührlichen Muskelfasern des Schlundes der ersten Classe angehören. Im Dickdarm des Menschen war die Breite der Primitivfasern der Muskeln 0,0007, 0,0011, 0,0013 Englische Linien nach SCHWANN's Untersuchungen. Ihre Ränder waren ganz glatt. Auch am Muskelmagen der Vögel fand R. WAGNER keine Querstreifen, obgleich dieses Muskelfleisch roth ist (BURDACH's *Physiologie* 5.), und diess haben wir eben so gesehen. Auch im Uterus des Menschen und im schwangern Uterus des Kaninchens und an der Urinblase fand SCHWANN keine mit Querstreifen versehenen Fasern. In der Iris des Menschen und des Kaninchens konnte SCHWANN keine einzelnen Fasern isoliren. Doch zeigten sie, wie auch in LAUTH's Untersuchungen (*Institut*. Nr. 57. 70. 73.), eine deutlich faserige Structur, und zwar liefen die Fasern in der Nähe des Pupillarrandes concentrisch, in der Peripherie radial. Die Circelfasern der Iris des Ochsen bestehen nach LAUTH aus primitiven Muskelfasern in Bündel vereinigt, die durchflochten verliefen. LAUTH unterschied bloss Längenasern, aber keine Quersfasern. In der Iris des Schweines konnte SCHWANN die Fasern ohne Maceration leicht darstellen, indem er sie auseinander zerrte. Sie sind sehr fein, 0,0002—0,0003 Engl. Lin. breit, vollkommen cylindrisch, nicht perlschnurartig. Unter den Wirbellosen finden sich die Muskelfasern ohne Querstreifen, nach R. WAGNER's Untersuchungen, durchgängig vor bei den untersuchten Mollusken (Cephalopoden, Gasteropoden, gehäusigen Acephalen, Ascidien), und ebenso bei den Echinodermen.

Ueber die Entstehung der Muskeln und über VALENTIN's Beobachtungen hierüber siehe oben Bd. I. 362. Ueber die physicalischen Eigenschaften der Muskeln siehe HALLER *Element. libr. XI. S. 2. §. 2.* E. H. WEBER's *Anatomie. I. 396.*

2. Von den Lebesenseigenschaften der Muskeln.

Die Lebesenseigenschaften, welche man in den musculösen Theilen wahrnimmt, sind, ausser den allgemeinen, allen thierischen Theilen zukommenden Eigenschaften, Empfindlichkeit und Contractionskraft. Erstere kömmt nur den in ihnen sich verbreitenden Empfindungsfasern und nicht dem Muskel selbst zu, letztere ist die wesentliche Energie des Muskels, die er auf jedwede Art der Reizung äussert, während die Lebensenergien anderer Organe auf dieselben Reize andere, z. B. Empfindungen, Absonderung u. s. w. sind. Die Empfindlichkeit der Muskeln für äussere Eindrücke ist gering, wie man bei Verletzungen derselben durch Schnitte und Stiche sieht. Eine durch die Haut durchgedrungene Nadel kann ohne Schmerzen tief in einen Muskel eingestossen werden; auch an dem blossliegenden Herzen hat man nur einen sehr geringen Grad von Empfindlichkeit bemerkt. Gleichwohl besitzen die Muskeln ein sehr feines Gefühl

für ihre Zustände, oder vielmehr ihre Nerven leiten vortrefflich die Zustände, in welche sie durch die Contraction versetzt werden, wie wir denn hierdurch nicht bloss die Ermüdung und den Krampf der Muskeln empfinden, sondern durch die Zusammenziehung der Muskeln bei unseren Tastbewegungen ein sehr bestimmtes Gefühl von der räumlichen Anordnung der Körper erhalten und durch die Kraft der angewandten Zusammenziehung die Schwere und den Widerstand der Körper messen und vergleichen. Das Gefühl der Muskeln kann wohl nicht von denselben Nervenfasern abhängen, welche ihre Bewegung hervorrufen. Wenn man beim Frosch auf einer Seite die hinteren Wurzeln der Nerven für die Hinterbeine durchschneidet, die vorderen unverletzt lässt, so verliert der Frosch alle Spur von Empfindungskraft, nicht bloss in der Haut, sondern auch in den Muskeln des Unterschenkels und Fusses, während er die vollkommenste willkührliche Bewegung in diesen Muskeln behält. Man kann ganze Stücke seines Beines abschneiden, und er wird dadurch nicht zu Bewegungen veranlasst. Schnitt ich bei einem Frosch auf einer Seite A die hinteren, auf der anderen Seite B die vorderen Wurzeln durch, so behielt er in dem Bein A die Bewegung, wo er die Empfindung verlor, im Bein B die Empfindung, wo er die Bewegung einbüsste. An dem Beine B, das er nicht bewegen konnte, empfand er den Schmerz, der ihn zum Forthüpfen veranlasste, wobei er das Bein B nachschleppte.

Die Muskeln bewegen sich, sobald sie selbst oder ihre motorischen Nerven auf irgend eine Art gereizt werden. Alle Reize bringen dieselbe Wirkung hervor, sowohl mechanische als chemische, Kälte, Wärme und electricische Reize. Alle diese Reize bewirken aber auch von ihren Nerven aus Bewegung. Die Säuren bewirken leichter diesen Erfolg, wenn sie auf den Muskel, als wenn sie auf den Nerven wirken; doch ist es nicht für alle Fälle gültig, was oben Bd. I. p. 596. bemerkt wurde, dass die Säuren zwar, auf den Muskel wirkend, Bewegung hervorrufen, auf den Nerven allein wirkend, den Muskel ruhig lassen. BISCHOFF und WINDISCHMANN haben wenigstens öfter auch im letzteren Fall einen Erfolg gesehen. HALLER hat die Eigenschaft des Muskels, auf jederlei Reize sich zusammenzuziehen, sich zum besondern Studium gemacht, und dieser specifischen Eigenschaft den Namen Irritabilität ertheilt, welche der specifischen Reizbarkeit der Nerven, Sensibilität, entgegen gestellt wurde. *Deux mémoires sur les parties sensibles et irritables. Lausanne 1756.* Es haben sich indess an den Namen Irritabilität, in diesem Sinne, so viele hypothetische Vorstellungen und falsche Begriffe angehängt, dass er besser in der Historie der Medicin, als in der Physiologie selbst ferner figurirt.

Die Contractilität der Muskeln gegen Reize, die auf sie selbst oder ihre Nerven angebracht werden, äussert sich in ihnen noch einige Zeit nach dem Tode; sie bleibt in den musculösen Theilen um so länger, je weniger zusammengesetzt die Structur eines Thieres ist. Mit der Zusammensetzung der Structur nimmt die Abhängigkeit der Theile von einander zu, und in demselben Grade

nimmt nothwendig die Dauer der Lebenserscheinungen in den einzelnen Theilen nach dem Zerfall des Ganzen ab. Unter den Wirbelthieren zeichnen sich die kaltblütigen in dieser Hinsicht vor den warmblütigen aus. Viele Stunden lang erhält sich die Reizbarkeit des Herzens bei den Fischen und Amphibien viele Stunden namentlich in der kälteren Jahreszeit die Reizbarkeit der übrigen Muskeln beim Frosch, und die geköpfte Schildkröte zeigt noch nach einer Woche Reizbarkeit in ihren Muskeln. Bei den höheren Thieren dauert die Irritabilität der Muskeln in der Regel nur eine oder zwei Stunden; indessen giebt es einzelne Fälle, wo sie nach vielen Stunden noch nicht erloschen ist, wie z. B. in den Hautmuskeln des Igels. NYSTEN (*Rech. de physiol. et de chim. path.* 321.) fand bei seinen Versuchen an den Leichen hingerichteter, vorher gesunder Menschen, dass die Muskeln in folgender Ordnung ihre Fähigkeit zu Zusammenziehungen verlieren. Die Aortenkammer des Herzens verliert sie am frühesten, der Darmkanal nach 45—55 Min., fast um dieselbe Zeit die Harnblase, der rechte Ventrikel nach einer Stunde, die Speiseröhre nach $1\frac{1}{2}$ Stunden, die Iris 15 Min. später, noch später die Muskeln des animalischen Lebens, zuletzt die Vorhöfe des Herzens, und am spätesten der rechte, der in einem Fall (p. 330.) nach $16\frac{1}{2}$ Stund. auf galvanischen Reiz sich noch zusammenzog. Bei den Vögeln erlischt die Contractilität der Muskeln schneller als bei den Säugethieren, schon nach 30—40 Min. bis 1 St. Bei den Fröschen dauerte die Reizbarkeit des Herzens mehrere Stunden nach dem Tode, in den animalischen Muskeln 17—18 Stunden; an den Vorhöfen und an den Hohlvenen wurden 14—20 Stunden nach dem Tode noch Spuren von Reizbarkeit bemerkt. Bei jungen Thieren dauert die Contractilität im Allgemeinen länger. NYSTEN sah bei neugeborenen Katzen noch nach 3 Stunden 45 Min. Contraktionen in den Muskeln auf Reize entstehen, und nach $6\frac{1}{2}$ Stunden sah er noch den rechten Vorhof auf Reize sich zusammenziehen. Im Allgemeinen kann man aus den vorliegenden Beobachtungen schliessen, dass, je einflussreicher das Athmen bei einem Thiere, je grösser das Athembedürfniss ist, um so kürzer die Reizbarkeit seiner Muskeln nach dem Tode dauert.

Manche Stoffe vermindern bei ihrer Einwirkung auf die Muskeln ihre Reizbarkeit. Die Muskeln von Thieren, die in kohlen-saurem Gase, Wasserstoffgase, Kohlenoxydgase, Schwefeldämpfen erstickt worden, ziehen sich bei Reizen nur schwach oder gar nicht zusammen, dagegen die Muskeln in atmosphärischer Luft und im Sauerstoffgase länger contractil bleiben. TIEDEMANN's *Physiol.* I. 551. Vgl. NYSTEN 328. Das reine Wasser vermindert bei längerer Berührung mit den Muskeln auffallend ihre Reizbarkeit. Diess ist von NASSE zuerst beobachtet und von STANNIUS neulich bestätigt worden. Präparirte Froschschenkel, die einige Zeit im Wasser gelegen haben, eignen sich zu delicates Versuchen über die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln gar nicht mehr. Siehe HECKER's *Annalen.* 1832. Dec. Narcotische Stoffe, örtlich auf die Muskeln applicirt, tilgen ihre Reizbarkeit; auf die Nerven der Muskeln örtlich applicirt, tilgen sie die Fähigkeit des Ner-

ven, von der narcotischen Stelle aus den Muskel zur Contraction zu bringen, dagegen die zwischen der narcotischen Stelle und dem Muskel liegende Strecke des Nerven ihre Reizbarkeit behalten hat. Tödtet Narcotica, indem sie in den Kreislauf gelangen, so vermindern sie nicht in dem Grade die Reizbarkeit, als bei der localen Application in concentrirter Form. Man kann an Fröschen, die durch Narcotica getödtet sind, noch Stunden lang Zuckungen der Muskeln durch Reizung der Nerven und Muskeln bewirken. Stoffe von zersetzender chemischer Wirksamkeit, wie ätzende Alcalien, concentrirte Säuren, Chlor u. a., tödten die Muskelreizbarkeit an der betroffenen Stelle augenblicklich. Stoffe, welche die Reizbarkeit der Muskeln erhöhen, kennt man nicht. Oxygenirte Salzsäure und kohlensaure Alcalien machten zwar in v. HUMBOLDT's Versuchen, wenn die Nerven damit befeuchtet waren, die Präparate fähiger zur galvanischen Irritation. Diese Wirkung ist jedoch, wie PFAFF gezeigt hat, nicht eine Folge der wirklichen Erhöhung der thierischen Reizbarkeit, sondern der galvanischen Processe in der geschlossenen Kette. Vergl. oben Bd. I. p. 608.

Die Zusammenziehungskraft der Muskeln steht unter den allgemeinen Gesetzen der thierischen Reizbarkeit. Werden sie selten aus inneren Reizen bewegt, so nehmen sie an Kraft ab; aber auch auf eine jedesmalige bedeutende Anstrengung wird die Fähigkeit zur Wiederholung derselben für den Augenblick geringer, und es tritt Ermüdung ein. Erregung und Ruhe sind also für die Erhaltung und Steigerung der Muskelkraft gleich nöthig. Durch die Erregung scheint die Natur bestimmt zu werden, die zur Ernährung und Bildung von Muskelgewebe nöthigen materiellen Veränderungen in der Ruhe den erregten Muskeln vorzugsweise zuzuwenden. Gleichwohl ist die Ermüdung nach jeder Anstrengung nothwendig, weil die Action und Reizung der Muskeln selbst unter materiellen Veränderungen ihres Gewebes erfolgt. Siehe oben Bd. I. p. 52. Diese Thatsachen lassen sich selbst noch in den Muskeln eines getödteten Frosches einigermaßen beobachten. Die Zusammenziehungen seiner Muskeln auf den galvanischen Reiz lassen sich durch mässige und periodische Anwendung desselben verstärken, wenn sie anfangs geringe waren, aber sie lassen sich auch schnell durch zu häufige Reizungen erschöpfen; und wenn wiederholte Reizungen die Abnahme der Contractionen bedingen, so stellt die Ruhe oft einigermaßen die Fähigkeit zu einer Contraction wieder her.

Die Zusammenziehung der Muskeln, welche sie fester und härter macht, ist allein der active Zustand derselben, im verlängerten Zustande sind sie erschlafft. Die Annahme einer activen Expansion der Muskeln lässt sich auf keine Weise rechtfertigen. OESTERREICHER hat sie durch einen sinnigen Versuch recht gut widerlegt. Er hat nämlich die Beobachtung gemacht, dass das aus einem lebenden Frosche ausgeschnittene Herz, mit einem kleinen Gewichte beschwert, das Gewicht erhebt, wenn es sich zusammenzieht, bei der Erweiterung des Herzens aber sinken lässt. Man darf sich übrigens die lebenden Muskeln nie ganz er-

schlaft denken. Sie sind beständig dem Princip der Nerven auch im Zustande der Ruhe ausgesetzt; diess sieht man deutlich in dem Zurückziehen der durchschnittenen Muskeln, an den leisen Bewegungen blossgelegter Muskeln und an der Verstellung des Gesichts und der Zunge bei halbseitiger Lähmung.

Beobachtet man einen Muskel im Moment der Zusammenziehung, so sieht man, dass er, indem er sich verkürzt, sich in demselben Grade verdickt, und oft sieht man deutlich genug eine wellenförmige blitzschnelle Biegung seiner Bündel. Da die Muskeln bei ihrer Zusammenziehung fester werden, so liegt der Gedanke nahe, dass sie sich bei der Zusammenziehung zugleich verdichten und also ein kleineres Volumen einnehmen, obgleich die grössere Festigkeit des zusammengezogenen Muskels auch von der Stärke der Anziehung gewisser Theilchen des Muskels gegen einander herrühren kann. Ohne der älteren unvollkommenen Beobachtungen von GLISSON, SWAMMERDAM (HALLER *elem. lib. XI. S. 2. §. 22.*) zu gedenken, erwähne ich bloss die genaueren, in neuerer Zeit hierüber angestellten Untersuchungen. Man bringt zu diesem Zweck die contractilen Theile in eine mit Wasser gefüllte Röhre, die in ein feines Röhrchen ausläuft, woran man den Stand des Wassers im Moment der durch Galvanismus erregten Contraction beobachtet. BARZELLOTTI, MAYO, PREVOST und DUMAS, welche an kleineren Fleischmassen operirten, fanden keine Veränderung des Niveaus, welche hingegen von GRUITHUISEN und ERMAN (GILB. *Ann. 40.*), von Letzterem in sehr geringem Grade, beobachtet wurde. ERMAN brachte in ein Glasgefäss die untere Hälfte eines Aals ohne die Eingeweide, einen Metalldrath an das Rückenmark, den zweiten an das Fleisch des Fisches, und richtete diese so ein, dass sie mit den Polen einer galvanischen Säule verbunden werden konnten. Das Gefäss wurde dann mit Wasser gefüllt, so dass auch eine enge Glasröhre, in welche der Apparat oben endete, damit gefüllt war. Beim Schliessen der Kette und bei der Zusammenziehung der Muskeln fiel das Wasser in der engen Röhre jedesmal um 4—5 Linien, und stieg wieder bei der Oeffnung. Die Verdichtung der Muskelmasse ist daher so unbedeutend, dass man hierauf bei der Erklärung der Phänomene der Muskelcontraction gar nicht rechnen kann. Vielleicht hatte diese Verdichtung auch allein ihren Grund in der Compression der durchschnittenen und daher mit Luft gefüllten kleinen Gefässe der Muskeln; sie erklärt sich wenigstens hieraus vollkommen. Wenn diese Versuche wiederholt werden, so darf das Stück des Aals nur unter Wasser zubereitet, und muss ohne Berührung der atmosphärischen Luft in die Röhre gebracht werden. Die Ursachen, welche die Verkürzung des Muskels bei der Zusammenziehung bewirken, können dreierlei seyn.

1. Zickzackförmige Biegung der Muskelbündel. Ein Phänomen, das man an den sich contrahirenden Muskeln mit blossen Augen sehen kann, und das man mit der Loupe sorgfältiger beobachtet, ist, dass die Bündel der Muskelfasern zickzackförmige Biegungen machen. PREVOST und DUMAS (*Journ. de physiol. 3.*

311.) haben sich mit dem Studium dieses Phänomens abgegeben. PREVOST und DUMAS betrachten die Muskelfasern als zusammengesetzt aus einer gewissen Anzahl kleiner gerader Linien, die fähig sind gegen einander sich zu neigen. An den Schenkelmuskeln eines Frosches betrug die Länge dieser Linien 10—12 Millim., die Distanz der durch die winkelförmige Beugung einander genäherten Endpunkte der Linien 16—17 Millim., 16 solcher Linien betrugen zusammen 172,5 Millim.; diess drückt die Länge dieser Muskelpartie im Zustande der Ruhe aus. Die Distanz der Winkel im gereizten Zustande dieser Linien betrug 130 Millim.; die Verkürzung betrug also 0,23 auf eine Muskelfaser. PREVOST und DUMAS massen ferner die Verkürzung desselben Muskels im Ganzen bei der Contraction; diese betrug 0,27. Da diese Messungen nahe übereinstimmen, so schlossen sie, dass die Verkürzung der Muskeln durch ihre Zusammenziehung wirklich von jenen Winkeln, welche die 10—12 Millim. langen Theile der Muskelfasern machen, herrühre. Mehrere Gründe machen indess wahrscheinlich, dass die von PREVOST und DUMAS beobachtete und so leicht mit blossen Augen zu erkennende Biegung der Muskelfasern in Winkel nicht die einzige und vielleicht nicht einmal die wesentlichste Ursache ihrer Verkürzung ist.

2. LAUTH hat schon einige hieher gehörige wichtige Beobachtungen gemacht. *Institut.* 57. 70. 73. *MUELLER'S Archiv* 1835. p. 4. Indem er unter dem Mikroskope einen noch reizbaren Muskel einer galvanischen Säule aussetzte, beobachtete er, dass die Zusammenziehung auf eine zweifache Weise geschah. Die stärkste Zusammenziehung war das Hervorbringen von Zickzackkrümmungen in der ganzen secundären Faser; war aber die galvanische Wirkung geringer, so bemerkte er eine Verkürzung der ganzen secundären Faser ohne Zickzackbiegung. In diesem Falle bietet die Oberfläche der secundären Faser (Bündelchen), anstatt glatt zu seyn, in ihrem ganzen Umfange Querrunzeln (*rides*) dar, welche man sonst auch in den im Zickzack gebogenen Fasern und ganz unabhängig von dieser letztern Krümmung bemerkt. Es ist demnach augenscheinlich, saugt LAUTH, dass diese mindere Verkürzung der Contraction der Primitivfasern zuzuschreiben ist, welche Contraction nach LAUTH durch die Annäherung der Kügelchen, die sie bilden, erhalten wird. Bei der Untersuchung der primitiven Muskelbündelchen der Insecten habe ich eine Art von Querlinien beobachtet, welche wohl von den dicht hinter einander folgenden Querlinien unterschieden werden müssen. Man sieht die Querlinien, welche ich hier meine, am deutlichsten an primitiven Muskelbündelchen von Insecten, die in Weingeist gelegen haben, öfter aber auch stellenweise an frisch untersuchten Muskelbündelchen der Insecten. Diese (secundären) Querlinien sind sehr viel weiter von einander entfernt als die primitiven Querlinien, aber ihre Distanz ist regelmässig, und das Bündelchen sieht an den in Weingeist aufbewahrten Muskeln oft wie ganz gleichförmig gegliedert aus; auch brechen die primitiven Bündelchen leicht an den secundären Querlinien bei Muskeln, die in Weingeist aufbewahrt worden, ab. Die

Entfernung der secundären Linien ist etwas weniger als halb so gross als die Breite der primitiven Bündel der Insecten. 5 grössere Querstreifen hatten zusammen eine Distanz von 0,010, die Distanz zweier ist also 0,002 Engl. Lin. Meist waren die secundären Querlinien gerade, zuweilen ein wenig schief oder gebogen; immer aber an grossen Strecken der Bündelchen parallel. An den primitiven Bündelchen der im Weingeist aufbewahrten Muskeln sieht man deutlich, dass das primitive Bündel an den Querlinien eingeschnürt, zwischen den Querlinien bauchig ist; die Einschnürung und der bauchige Theil sehen bei verschiedener Beleuchtung dunkel oder hell aus. Zuweilen ist die Einschnürung hell, der Bauch dunkler, zuweilen, bei kleiner Veränderung der Sehweite, umgekehrt. Der helle Theil an der Querlinie der Einschnürung betrug 0,0007 Engl. Lin., der dunkle des Bauches 0,0013. Diese Einschnürungen rühren keinesweges von einer blossen Runzelung der Scheide der primitiven Bündelchen her. Denn man kann deutlich die Scheide der primitiven Bündelchen am Rande als hellen Saum unterscheiden, und dieser helle Saum ist es nicht allein, der die Einschnürungen zeigt; man sieht oft sehr deutlich, dass die Muskelsubstanz des Bündelchens, die aus dem Fascikel primitiver Fibern mit primitiven Querstreifen besteht, eben so eingeschnürt als die Scheide ist. Da nun die Muskelfasern der Insecten mit denen der höheren Thiere durch die Form ihrer Fasern und die primitiven Querlinien übereinstimmen, so ist die Erscheinung der secundären Querlinien an den ersteren von Wichtigkeit für die Erklärung der Zusammenziehung der Muskeln, und da die secundären Querstreifen an einzelnen Stellen fehlen, während sie an anderen vorhanden sind, so wird es dadurch noch wahrscheinlicher, dass sie ein Ausdruck der Zusammenziehung der primitiven Bündel sind. Diese Art der Zusammenziehung würde sich von der zickzackförmigen Zusammenziehung der grössern Bündel darin unterscheiden, dass das Bündelchen keine abwechselnden Biegungen macht, sondern dass die primitiven Fasern zwischen zwei secundären Querlinien aus einander weichen, und dadurch die Erweiterung des bauchigen Theiles bilden. Natürlich kann ein Bündel von Fasern auf doppelte Art sich verkürzen: 1) durch abwechselnde Biegung des ganzen Bündels, wobei die Fasern in den Biegungen parallel bleiben, und diess findet bei der sichtbaren Verkürzung der grössern Bündel statt, und 2) durch bauschförmiges Auseinanderweichen der Fasern des Bündels zwischen aliquoten Quertheilungen des Bündels. Diese Art der Zusammenziehung kommt sehr wahrscheinlich neben der erstern an den Muskeln der Insecten vor, und vielleicht auch an denen der höheren Thiere.

3. Es ist möglich, dass die Muskelfasern der zweiten Classe an dem organischen Theile des Leibes sich auf die erste und die zweite Art zugleich zusammenziehen; an den Muskelfasern des animalischen Systems mit varicösen Anschwellungen ist indess noch eine dritte Art der Contraction in noch kleineren Theilchen möglich, nämlich durch Annäherung der Anschwellungen

und Verkürzung der dünneren Stellen zwischen den Varicositäten der Primitivfasern. Dass eine solche Zusammenziehung stattfindet, lässt sich weder behaupten noch widerlegen. Da die Varicositäten in der ganzen zweiten Classe der Muskeln fehlen, so würde jede Theorie der Muskelcontraction fehlerhaft seyn, welche von diesen Anschwellungen der Primitivfasern allein ausgeht. Indess kann diese Annäherung der Kügelchen sehr gut neben den übrigen Zusammenziehungen, welche sich in den secundären und primitiven Bündeln zeigen, in den animalischen Muskeln vorkommen; und es ist sogar aus einigen Gründen wahrscheinlich, dass sie wirklich hier stattfindet. Dafür spricht nämlich der Umstand, dass die Varicositäten selbst zur bauschförmigen Contraction aliquoter Theile der Bündelchen eben so wenig als zur zickzackförmigen Zusammenziehung der Bündel nöthig sind; indem auf jede Biegung eine ganze Reihe von Varicositäten kommen; zweitens spricht dafür der positive Grund, dass die Varicositäten der Fasern und die primitiven Querlinien der Bündelchen des animalischen Systems nach SCHWANN'S Untersuchungen an neben einander liegenden Bündelchen nicht immer gleich weit von einander entfernt sind. Weiter lässt sich diese Hypothese nicht führen. Wenn aber eine solche Annäherung der Varicositäten stattfinden sollte, so könnte sie auf zweierlei Art denkbar stattfinden, entweder durch Anziehung der Anschwellungen oder Kügelchen gegen einander, wenn letztere ganz solid sind, oder durch Vergrößerung der Kügelchen durch Anhäufung eines Fluidums in den Varicositäten, auf Kosten der verbindenden Zwischenstellen, wenn nämlich die Primitivfasern der Muskeln hohl seyn und ein Fluidum enthalten sollten. Hierüber mehr zu sagen ist überflüssig und gefährlich, da man sich von der Basis der Facta entfernen müsste. Es ist bei dem jetzigen auch noch so vollkommenen Zustande der Instrumente und vielleicht niemals möglich zu entscheiden, ob diese so unendlich zarten Fäden, wie die primitiven Muskelfasern sind, solid oder hohl sind, und die Vorstellungen und kühnen Hypothesen der Alten hierüber hier zu wiederholen, kann nicht die Aufgabe dieses Werks, sondern der Geschichte der physiologischen Hypothesen seyn. HALLER *elem. lib. S. 3.*

Rigor mortis. NYSTEN a. a. O. GUENTZ *der Leichnam des Menschen. Leipz. 1827.* BURDACH *Physiologie. Bd. 3.* NICOLAI, RUST'S *Magazin. 34. 2.* A. G. SOMMER *diss. de signis mortem hominis absolutam indicantibus. Pars 2. Havniae 1833. 8.* Die Todtenstarre, Rigor mortis, ist eine nach dem Tode durch die Muskeln bewirkte Steifigkeit der Glieder, welche zu einer gewissen Zeit eintritt und aufhört. Sie beginnt gewöhnlich nach SOMMER am Halse und Unterkiefer, geht dann auf die oberen Extremitäten von oben nach abwärts, dann auf die unteren Extremitäten über; seltener beginnt sie in den unteren Extremitäten, oder in beiden zugleich. SOMMER fand in 200 Fällen nur einmal die Ausnahme, dass der Rigor nicht am Halse begann. Die Muskeln fühlen sich im Rigor, Beuger sowohl als Strecker, fester und dichter an. Nach SOMMER findet beim Rigor sogar eine leise Bewegung statt. SOMMER fand die Behauptung von NYSTEN unrich-

tig, dass bei der Steifigkeit immer die Lage der Glieder bleibe, wie sie vorher gewesen. Er fand vielmehr, dass der Unterkiefer, wenn er auch im Tode vom Oberkiefer abstand, später zu dem Oberkiefer fest angezogen wurde. Er fand auch, dass an den Extremitäten eine stärkere Beugung erfolge, so z. B. dass der Daumen gegen die Handfläche angezogen, oder gar der Vorderarm ein wenig gebeugt wurde. Wird der schon in einem Theile ganz entwickelte Rigor mit Gewalt aufgehoben, so befällt er diesen Theil nicht wieder; geschieht diess aber während der Entwicklung des Rigors, so tritt er gleichwohl nach SOMMER wieder ein. Ist z. B. am ausgestreckten Arme der allgemeine Rigor schon vorhanden, aber noch nicht ganz entwickelt, und wird die Beweglichkeit des Ellenbogengelenks gewaltsam hergestellt, so wird es gleichwohl nach einiger Zeit wieder unbeweglich. Die Erschlaffung beginnt gewöhnlich zuerst wieder am Kopfe, dann an den oberen, am spätesten an den unteren Extremitäten. Der Rigor tritt nach SOMMER's zahlreichen Beobachtungen (an 200 Leichen), die bei den mannigfachen Differenzen von anderen Beobachtern wohl das meiste Vertrauen verdienen; nie schneller als 10 Minuten nach dem Tode, nie später als nach 7 Stunden ein. Die Dauer ist nach NYSTEN und SOMMER im Allgemeinen um so länger, je später der Rigor mortis eintritt. War die Muskelkraft vorher ungeschwächt, wie bei Menschen, die an Asphyxie umgekommen, so tritt der Rigor auch später ein und dauert länger. Nach acuten Krankheiten, mit grosser Niedergeschlagenheit der Kräfte, entsteht die Todtenstarre schneller, nach dem Typhus, nach SOMMER, z. B. zuweilen schon nach 15—20 Minuten nach dem Tode. Auch nach chronischen Krankheiten, welche die Kräfte erschöpft haben, wird dasselbe beobachtet. Nach plötzlichen Todesarten von acuten Krankheiten dauert der Rigor nach SOMMER auch dann länger, wenn er selbst schnell eingetreten. HUNTER und HIMLY bemerken, dass bei einem vom Blitz Getödteten gar kein Rigor erfolge; SOMMER sah ihn indess bei einem durch den elektrischen Schlag getödteten Hunde eben so schnell als gewöhnlich eintreten. Auch ORFILA's Bemerkung, dass nach Asphyxie von Kohlendunst der Rigor spät eintrete, fand SOMMER nicht bestätigt; derselbe bemerkt, dass, wenn er bei Asphyctischen mitunter spät eintrete, diess eher von dem dem Tode vorangehenden Scheintode, als von der Todesart abzuleiten sey. Auch dass die Todtenstarre nach narcotischen Vergiftungen fehle, fand SOMMER bei seinen Versuchen an Thieren eben so wenig als NYSTEN bestätigt. Schon NYSTEN beobachtete, dass die Todtenstarre auch die gelähmten Muskeln bei der Hemiplegie gleich stark befalle. Diess bestätigt SOMMER mit dem Zusatze, wenn die Paralysis nicht mit einer bedeutenden Veränderung in der Ernährung oder mit Wassersucht der Muskeln selbst verbunden gewesen; in welchem Falle SOMMER einmal einen gänzlichen Mangel des Rigors auf der gelähmten Seite beobachtete. NYSTEN bemerkte, dass der tetanische Krampf bei am Tetanus Verstorbenen mit oder nach dem Tode schnell aufhöre, dass darauf der Körper einige Stunden schlaff bleibe, ehe der Rigor eintrete; Som-

MER sah indess in einem Fall von Tetanus den tetanischen Krampf an den Kiefern unmittelbar in den Rigor sich fortsetzen. Bei Neugeborenen und Greisen tritt der Rigor im Allgemeinen schneller ein, ist nicht so stark und verschwindet früher. Gegen NYSTEN beobachtete SOMMER in vielen Fällen, dass der Rigor schon vor der vollkommenen Erkaltung und zuweilen schon eintritt, wenn die Wärme sich noch erhält. Die Todtenstarre tritt in der Luft und im Wasser ein, doch wird eine in Wasser von 0—15° untergetauchte Leiche stärker und länger vom Rigor befallen, als in der Luft von gleicher Temperatur. In Hinsicht des Einflusses des Gehirns und Rückenmarks auf die Entwicklung des Rigors stimmt SOMMER NYSTEN'S Beobachtungen bei, dass nämlich die Zerstörung der Centraltheile des Nervensystems keinen Einfluss auf die Entwicklung, den Grad und die Dauer der Todtenstarre habe.

Der Sitz des Rigors liegt nach NYSTEN in den Muskeln; denn er bleibt, wenn man auch die Häute und selbst die Seitenbänder der Gelenke durchschnitten, verschwindet aber nach Durchschneidung der Muskeln. Diess bestätigt SOMMER, bemerkt aber, dass, wenn auch ein Glied nach Durchschneidung der rigiden Muskeln seine Beweglichkeit wieder erhält, die durchschnittenen Muskelstücke gleichwohl fest und rigide bleiben, was schon RUDOLPHI beobachtete. NYSTEN hatte die Todtenstarre von der organischen Contractilität der Muskelfasern abgeleitet. Unter seinen Gründen dafür ist der wichtigste, dass, wenn der Rigor bei der grössten Beugung eines Gliedes eintrete, die Beugemuskeln dann dieselbe Beschaffenheit haben, als wenn sie willkürlich zusammengezogen sind; und dass sie statt erschlafft, vielmehr verkürzt und verdickt erscheinen. SOMMER hingegen erkennt diese Thatsache nicht an. Befinde sich der eine Arm eines Todten vor dem Eintritt des Rigors in Beugung, der andere in Streckung, so werde auch der Biceps des extendirten Armes rigide, obgleich sein Rigor nicht der vitalen Contraction ähnlich sei. Zunächst fragt sich hier, ob die Muskeln zur Zeit des eingetretenen Rigor selbst noch Spuren von organischer Contractilität auf angebrachte Reize zeigen. NYSTEN hatte schon sehr schwache Spuren derselben in diesen Fällen zuweilen beobachtet. SOMMER sah in der Regel keine Wirkung auf angebrachte Reize; zuweilen sah er ganz deutliche Zusammenziehungen, obgleich diese keinen Einfluss auf die Lage der Glieder hatten. Im Allgemeinen tritt das Phänomen des Rigors um so früher ein, je schneller die Erregbarkeit der Muskeln abstirbt, so z. B. am frühesten bei den Vögeln; bei den Amphibien, wo die Erregbarkeit der Muskeln lange dauert, tritt der Rigor spät ein und dauert kürzer. SOMMER leitet den Rigor von einer physischen (nicht organischen) Contractilität der Muskeln ab. Denn, sagt er, das Phänomen trete dann ein, wenn alle Lebensphänomene sich vermindert haben; eine ähnliche physicalische Contraction zeige sich nach dem Tode auch in nicht musculösen Theilen, in der Haut, im Zellgewebe, in den Häuten und Bändern. ORFILA, BECLARD und TREVIRANUS leiteten den Rigor von der Gerinnung des Blutes ab. SOMMER hält diese Erklärung für

unrichtig, indem ein starker Rigor zuweilen vor der Gerinnung des Blutes eintrete, oder wenn die Gerinnung unvollkommen sey. Bei Ertrunkenen, wo der Rigor stark sey, bleibe oft das Blut flüssig; eben so bei Menschen und Thieren, die durch Blausäure umgekommen. Gleichwohl erkennt SOMMER die Aehnlichkeit beider Phänomene an; die Gerinnung des Blutes sey der Tod des Blutes, der Rigor der Tod der Muskeln. Mir scheint die Erklärung des Phänomens durch die Gerinnung des Blutes in den kleinen Gefäßen noch keinesweges widerlegt. Es lässt sich nicht bezweifeln, dass durch die Gerinnung des Blutes und der Lymphe in den kleineren Blut- und Lymphgefäßen sich die Cohäsion der Muskeln vermehren müsse, und es fragt sich nur, ob diese Vermehrung der Cohäsion allein zur Bewirkung der Erscheinungen des Rigor hinreicht. Obgleich diess nicht bewiesen werden kann, so sieht man doch bei dieser Erklärung sehr gut ein, wie in Folge der Gerinnung des Blutes später auch wieder eine Verminderung der dadurch vermehrten Cohäsion eintreten müsse. Die Gerinnung des Blutes und der Lymphe ist nämlich anfangs so, dass die ganze Masse derselben fest und gallertartig wird. Später, und oft sehr spät erst, zieht sich das Gerinnsel des Faserstoffs, welches die flüssigen Theile fein vertheilt einschliesst, so zusammen, dass das Serum ausgetrieben wird. Sobald dieses in dem geronnenen Blute und der Lymphe der kleinen Gefäße geschehen ist, muss die Cohäsion aller Theile sich wieder vermindern. Die Gerinnung des Blutes und die Gerinnung des Fettes nach dem Tode der warmblütigen Thiere machen die Theile cohärenter, aber nur durch die erstere wird die vermehrte Cohäsion später wieder aufgehoben, während das Fett seinen geronnenen Zustand behält. Ich will indess die Erklärung des Rigor aus der Gerinnung des Faserstoffes im Blute und in der Lymphe keineswegs als die richtige und als die meinige aufstellen, vielmehr nur aussprechen, dass mir der Stand der Sache als solcher erscheint, dass diese Erklärung für jetzt weder entschieden bewiesen, noch entschieden widerlegt werden kann. Sollte sich dereinst sicherer beweisen lassen, dass der Rigor von einer physicalischen Contractilität der absterbenden Muskelfasern abzuleiten sey, die mit der Zersetzung aufhöre, so würde das Phänomen mehr Aehnlichkeit mit der physicalischen Zusammenziehung des schon geronnenen Faserstoffes zu einem kleinern und festern Körper haben.

IV. Capitel. Von den Ursachen der thierischen Bewegung.

Bei der Untersuchung der Ursachen der Bewegung von festen organischen Theilchen muss man zuerst die Bewegungen nervenloser Theile und solcher Theile unterscheiden, welche unter Wechselwirkung der contractilen Gewebe mit dem Nervensysteme erfolgen. Im ersten Falle sind die Bewegungen der Pflanzen, und vielleicht einiger nicht musculöser Theile der Thiere.

Im einfachsten Zustande beobachten wir die ersten Spuren organischer Contractilität an den Oscillatorien, jenen einfachen unter einander verfilzten Fäden, in denen keine Zusammensetzung der Structur gesehen wird, und welche aus einer, mit linear dicht auf einander folgenden Körnchen gefüllten Röhre bestehen. Diese Körnchen werden zu gewissen Zeiten der Entwicklung dieses Vegetabile aus der Röhre ausgestossen, die dadurch ihre Contractilität nicht verliert. Die oscillatorischen langsamen, aber deutlichen Biegungen dieser Fäden habe ich unter dem Mikroskope bei Herrn MEYEN gesehen; sie sind für die Theorie der organischen Bewegung wegen der Einfachheit der Structur von besonderer Wichtigkeit. Wenn sich diese Fäden zu bewegen anfangen, krümmen sie sich unmerklich und langsam nach einer Seite hin, und gehen nach einiger Zeit wieder zurück und gar zur entgegengesetzten Seite hin, wobei die im Innern enthaltenen Körnchen vollkommen ruhig bleiben. Da diese Bewegungen ohne Anziehung von Seiten nahe gelegener Fäden erfolgen, und da im Innern der Fäden keine Saftcirculation oder Ortsveränderung der Säfte bemerkt wird, so können wir uns den Process dieser Contractionen nicht anders vorstellen, als dass durch eine sich bald auf dieser, bald auf jener Seite des Fadens oder der Röhre steigende Erregbarkeit die Theilchen der Wände des Fadens sich annähern, dass die Wände bald auf der einen, bald auf der andern Seite sich verdichten, oder dass die Wände bald hier, bald dort mehr Wasser anziehen, festhalten und damit aufquellen. Die Idee einer Kräuselung wird durchaus durch den Augenschein widerlegt. Die spontanen, auch ohne Reize erfolgenden rhythmischen Bewegungen der Blätter des *Hedysarum gyrans* zeigen uns dasselbe Phänomen an einer höhern Pflanze. Auch hier muss sich die Erregung aus innern Ursachen bald mehr auf der einen, bald auf der andern Seite des contractilen Gewebes der Basis der Blattstiele steigern, und entweder eine Annäherung kleiner Theilchen, oder ein Aufquellen der einen und andern Seite von innern Flüssigkeiten herbeiführen. Bei der auf Reize erfolgenden Bewegung der Blattstiele der *Mimosa pudica* durch Krümmung des Wulstes der Blattstiele ist diese Erregung auch durch äussere Reize bestimmbar, und es ist hier wahrscheinlicher, dass die Bewegung durch Anziehung der von DUTROCHET entdeckten, im Zellgewebe des Wulstes linear geordneten Kügelchen entsteht, die selbst wieder nach DUTROCHET hohl sind. Die Ursachen der Wimperbewegung der Thiere zu untersuchen, ist noch lange nicht der Zeitpunkt. Wir kennen nicht einmal den Mechanismus, durch welchen sie erfolgt. Das Einzige, was feststeht und sie den vorher erwähnten Bewegungen näher stellt, ist ihre grosse Unabhängigkeit von dem Nervensystem. An diese Bewegungen, welche von der Wechselwirkung mit einem Nervensystem unabhängig sind, schliessen sich einigermaassen schon die Bewegungen im Zellgewebe, oder leimgebenden contractilen Gewebe der Thiere an, die mit Leichtigkeit auf die das Gewebe selbst treffenden Reize, namentlich Kälte und Wärme und mechanische

Reize, erfolgen. Diese haben auch noch das Aehnliche mit den Pflanzenbewegungen, dass beide von dem electrischen Reize nicht merklich erregt werden. Doch sind jene Bewegungen vom Nervensysteme der Thiere nicht mehr ganz unabhängig. Die Contractilität der Haut und der Tunica dartos äussert sich nicht bloss auf äussere Reize, sondern öfter auch aus innern im Nervensystem liegenden Gründen. Die Dartos ist oft gerunzelt, wo nervöse Reizung in den Genitalien unverkennbar ist, wo auch der Cremaster angezogen ist, und die Contractilität der Haut äussert sich oft genug unter eben so offenbaren Affectionen des Nervensystems, z. B. mit Schauer (als Gefühl und als Muskel-Bewegung zugleich.) Da wir indess bei diesen schwer zu analysirenden Bewegungen die Wechselwirkung mit dem Nervensystem nicht leicht erforschen werden, so ist unsere ganze Aufmerksamkeit auf die Muskeln gerichtet, bei welchen die verschiedenste Wechselwirkung des contractilen Gewebes mit dem Nervensystem klar ist. Die Art, wie die Verkürzung des leimgebenden contractilen Gewebes erfolgt, ist wahrscheinlich Kräuselung, durch Anziehung aliquoter Theilchen der Fasern gegen einander.

Die Fähigkeit der Muskeln sich zusammenzuziehen, steht mit zweierlei Einflüssen in dem innigsten Zusammenhange, mit dem Einflusse des Blutes und der Nerven.

1) Einfluss des Blutes. STENSON hat zuerst gezeigt, dass die Muskeln ihre Bewegungen einstellen, wenn der Strom des Blutes (namentlich des arteriellen Blutes) zu ihnen gehemmt ist. Man beobachtet dieses Phänomen zuweilen auch nach der Unterbindung eines grossen Arterienstammes beim Menschen. Die Bewegungen der Muskeln auf den Einfluss des Willens durch das Nervensystem verlieren sich zum Theil oder ganz, bis sich allmählig der Collateralkreislauf ausgebildet hat. ARNEMANN, BICHAT, EMMERT haben diess bestätigt. Siehe das Nähere in TREVIRANUS *Biologie*. 5. p. 281. SEGALAS (*Journ. d. physiol.* 1824.) beobachtete nach Unterbindung der Aorta abdominalis bei Thieren eine Schwäche der Hinterbeine, so dass das Thier nach 8—10 Minuten die Hinterbeine kaum hinter sich her schleppen konnte. Ob das Blut bei dieser nothwendigen Wechselwirkung mit den Bewegungsorganen mehr nöthig ist, in wiefern es die Contractilität der Muskeln oder den Einfluss der Nerven, welche dem Willen dienen, erhält, ist von den Beobachtern nicht beachtet worden. TREVIRANUS erklärt sich gegen PERCY für die Nothwendigkeit des Blutes für die Muskeln, insofern das Zerfallen der Arterienstämme der Glieder in viele anastomosirende Reiser bei einigen viel kletternden Thieren (Lemur, Bradypus) für die Erhaltung eines ungestörten Laufes des Blutes bei den Anstrengungen der Muskeln berechnet zu seyn scheint *). Wahrscheinlich

*) Die Wundernetze kommen eben so oft an nicht muskulösen Theilen als an muskulösen vor, zu den ersteren gehört das Wundernetz der Carotis interna der Wiederkäuer, und das von ESCHRICHT und mir entdeckte grösste aller Wundernetze an der Pfortader des Thunfisches.

wird es in beider Beziehung nothwendig seyn, indess ist es gewiss, dass selbst nach gänzlichem Stillstande des Blutumlaufes bei getödteten Thieren und an abgeschnittenen Gliedern sowohl die Nerven noch fähig sind, gereizt, die Muskeln zur Contraction zu bestimmen, als auch die Muskeln fähig sind, unmittelbar gereizt, sich zusammenzuziehen. Die Unterbindung einer Arterie hemmt den Einfluss des Blutes nicht allgemein, Blut ist dabei in den kleinsten Gefässen der Muskeln noch vorhanden; die Unterbindung hemmt aber den Zufluss neuen arteriellen Blutes zu den Muskeln und Nerven. SEGALAS Versuche zeigen auch, dass bei voller Anfüllung der Capillargefässe durch blosse Hemmung der Circulation nach Unterbindung des untersten Theils der Vena cava die Bewegungskraft vermindert wird. Es ist also gewiss, dass das arterielle Blut in den Bewegungsorganen eine Veränderung erleidet, wodurch es venös geworden, die Fähigkeiten derselben nicht mehr so wie vorher unterhält, und dass die Bewegungsorgane nur unter dem beständigen Einflusse des arteriellen Blutes ihre volle Contractilität behalten. Man sieht diess auch aus den bei den Blausüchtigen beobachteten Erscheinungen, bei welchen wegen Offenbleibens des ovalen Loches im Septum atriorum, oder wegen Offenbleibens des Ductus Botalli, oder wegen Enge der Arteria pulmonalis etc. beide Blutarten gemischt werden, oder das arterielle Blut sich nur unvollkommen bildet. Diese Menschen sind zu grösseren Muskelanstrengungen unfähig. Bei den Amphibien ist der Einfluss des Blutes auf die Nerven und Muskeln weniger nothwendig zur Ausführung der willkürlichen Bewegungen. Die Frösche behalten den Einfluss des Willens auf ihre Muskeln nach Ausschneidung des Herzens; ja sie bewegen sogar ihre bis auf die Nerven allein amputirten Glieder willkürlich; ich fand auch die Muskeln eines Frosches noch reizbar, selbst nachdem ich alles Blut durch einen in die Arterien getriebenen und aus den durchschnittenen Venen ausfliessenden Wasserstrom aus den Gefässen ausgetrieben hatte.

2. *Einfluss der Nerven auf die Contractionsfähigkeit der Muskeln.* Von der Wirkung der Nerven auf die Erregung der Muskeln zu Bewegungen muss man wohl ihren Einfluss auf die Erhaltung ihrer Contractionsfähigkeit unterscheiden. HALLER betrachtete die Contractionskraft der Muskeln als eine ihnen, unabhängig von den Nerven, zukommende Lebenseigenschaft, die er Irritabilität nannte. FONTANA, SOEMMERRING, NYSTEN, BICHAT u. A. folgten HALLER. Dieser grosse Physiolog lehrte, dass alle Reize auf die Muskeln wirkend, ihre Zusammenziehungskraft anregen, und nicht zuerst durch die Nerven auf die Muskeln zu wirken brauchen, dass der Reiz der Nerven vielmehr nur eine Species unter den vielen Reizen der Contractionskraft der Muskeln sey. Seine und seiner Nachfolger Beweise sind längst erschüttert. Das Herz bewegt sich nicht unabhängig von allem Nerveneinfluss, und seine Nerven sind nicht, wie man ehemals glaubte, unempfindlich für die äusseren Reize. Siehe oben Bd. I. p. 181. Das Herz verhält sich nicht anders als andere vom Nervus sympathicus abhängige Muskeln. Nicht allein wird das Herz

durch Galvanismus zu Contractionen gereizt, wie v. HUMBOLDT, PFAFF, FOWLER, WEDEMEYER und ich sahen. HUMBOLDT und BURDACH haben auch den Herzschlag durch Reizung der Nervi cardiaci verändert. Siehe oben Bd. I. p. 181. 647. Am deutlichsten lässt sich nach meinen Versuchen der motorische Einfluss des N. sympathicus auf die organischen Muskeln an dem Ganglion coeliacum erweisen. Wird nämlich nach Eröffnung der Bauchhöhle eines Kaninchens der Zeitpunkt abgewartet, wo die an der Luft sich verstärkenden peristaltischen Bewegungen wieder nachlassen, und dann das Ganglion coeliacum mit Kali causticum betupft, so folgen nach einigen Secunden sehr verstärkte peristaltische Bewegungen. Auch SCARPA's neuere Meinung, dass der N. sympathicus gar nicht mit den vorderen oder motorischen Wurzeln der Spinalnerven und den motorischen Hirnnerven zusammenhänge, ist durch meine eigenen Untersuchungen und diejenigen von WUTZER, RETZIUS, MAYER hinlänglich widerlegt. Siehe oben Bd. I. p. 650. Aus allem diesem geht jedoch nur hervor, dass die Nerven des Herzens eben so den motorischen Einfluss leiten, als die Nerven anderer Muskeln, und die Frage, ob diese Nerven am Herzen des unversehrten Körpers und am ausgeschnittenen Herzen zur Erhaltung der Contractionskraft desselben nothwendig sind, bleibt hiebei ungelöst.

Anderer Physiologen, wie WHYTT, A. MONRO, PROCHASKA, LEGALLOIS, REIL, bestritten die HALLER'sche Lehre und behaupteten, dass die Bewegungskraft von der Wechselwirkung mit den Nerven abhängt. In diesem Falle würde die Contractilität der Muskeln sich wesentlich von der Contractilität der Pflanzen unterscheiden, welche ohne Mittelwirkung von Nerven von den äusseren Reizen unmittelbar angeregt wird. Diese Männer beziehen sich darauf, dass die Nerven gereizt die Bewegung der Muskeln hervorrufen, dass die Narcotica, welche doch vorzugsweise auf das Nervensystem wirken, die Contractilität der Muskeln vernichten, dass die Zerstörung des Gehirns und Rückenmarkes die Contractilität der Muskeln vermindere. Man muss indess gestehen, dass diese Beweise nichts weniger als triftig sind. Die Muskeln bleiben nach Zerstörung des Gehirns und Rückenmarkes so lange reizbar, als überhaupt nach dem Tode die Reizbarkeit der Muskeln dauert, und die Vergiftung eines Thieres durch Narcotica vernichtet nur den Einfluss des Gehirns und Rückenmarkes auf die Muskeln. Die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln wird nach narcotischer Vergiftung der Frösche so wenig aufgehoben, dass ich die längste Zeit die gewöhnlichen Phänomene nach angebrachten Reizen auf Nerven oder Muskeln der Frösche beobachtete. TREVIRANUS hat den Mittelweg eingeschlagen, und glaubt, bestimmt durch die Analogie der Pflanzen, die durch den Lichteinfluss Reizbarkeit besitzen, aber doch auch für andere Reize erregbar sind, dass die Nerven Bedingung der Muskelreizbarkeit sind, dass aber nicht alle Reize durch ihre Mittelwirkung auf die Muskeln wirken. TIEDEMANN (*Physiol.* 1. 547.) sieht mit HALLER die Eigenschaft der Muskeln, sich zusammenzuziehen, allerdings für eine denselben inhärirende Kraft eigenthümlicher Art

an, deren Bestehen aber von der Ernährung und dem Nerven- einflusse abhängig ist, und lehrt, dass die Nerven nicht bloss die Reize zur Erregung der Contraction der Muskeln zuleiten, sondern dass sie noch eine wesentliche Bedingung für ihre Lebensäusserungen abgeben müssen. Diese besteht eines Theils darin, dass die Muskelnerven den Muskeln die Fähigkeit ertheilen, durch Reize afficirt zu werden, sich für Reize empfänglich zu zeigen, oder dass die die Muskeln treffenden zunächst auf ihre Nerven wirken, und erst mittelst einer Action dieser die Contraction der Muskelfasern hervorrufen. Die Frage zerfällt offenbar, wie auch in diesen Worten von TIEDEMANN unterstellt ist, in zwei ganz verschiedene: 1. sind die Nerven nothwendig, dass sich die Fähigkeit der Muskeln zur Zusammenziehung als Lebenseigenschaft derselben erhält, und verliert sich diese Eigenschaft nach aufgehobenem Nerveneinflusse? 2. sind die Nerven die Leiter, durch welche alle Reize auf die Muskeln zunächst wirken, und wirken selbst die auf die Muskeln scheinbar allein angewandten Reize zunächst nur durch die in den Muskeln sich verbreitenden Nerven- zweige? Das Erstere kann bejaht werden, ohne dass damit nothwendig das Zweite bejaht wird; aber das Zweite kann nicht bejaht werden, ohne dass auch das Erste zugegeben wird.

1. Sind die Nerven nothwendig, dass sich die Contractilität der Muskeln gegen Reize als Lebenseigenschaft derselben erhält? NYSTEN hatte beobachtet, dass die Muskeln kurze Zeit nach einem apoplectischen Anfalle, trotz der Hirnlähmung, auf galvanischen Reiz sich zusammenzogen, und WILSON, sich auf BRODIE stützend, behauptete noch mehr, dass ein Nerve, dessen Communication mit dem Gehirne und Rückenmarke unterbrochen ist, lange seine Empfänglichkeit für Reize zur Erregung der Muskelbewegung behalte. *Philos. transact.* 1833. p. 1. 62. Ich hatte einige Gründe zu vermuthen, dass diese Dauer der Empfänglichkeit, wenn der Nerve sich nicht reproducirt, beschränkt ist. Mehrere von mir mit Dr. STICKER über diesen Gegenstand angestellte Versuche haben diesen Gegenstand aufgeklärt. *MUELLER'S Archiv.* 1834. 202. An zwei Kaninchen und einem Hunde wurde der N. ischiadicus durchschnitten, und die Vereinigung der Nervenstücke durch Ausschneidung eines grossen Stückes verhindert. Zwei Monate und drei Wochen nach der Durchschneidung wurde an dem ersten Kaninchen beobachtet, dass der untere Theil des Nerven durch den galvanischen Reiz eines einfachen Plattenpaares erregt, keine Spur von Zuckung in den Muskeln des Unterschenkels und Fusses bewirkte; aber auch die Muskeln hatten ihre Erregbarkeit für den Reiz des einfachen Plattenpaares und den mechanischen Reiz ganz verloren, während der Nerve des gesunden Schenkels und die Muskeln, in welchen er sich verbreitet, für Reize lebhaft empfänglich waren. Bei dem Hunde hatte $2\frac{1}{2}$ Monate nach der Durchschneidung des Nerven dieser in seinem untern Stück alle Reizempfänglichkeit für die einfache galvanische Kette und den mechanischen Reiz verloren; nur die Muskeln, an denen er sich verbreitet, zeigten leise Spuren von Zusammenziehung bei unmittelbarer Reizung, während an dem

Unterschenkel der gesunden Seite auf dieselben Reize der Nerven sowohl als der Muskeln allein die heftigsten Zusammenziehungen eintraten. An dem zweiten Kaninchen hatte der Nerve nach 5 Wochen alle Empfänglichkeit sowohl für den galvanischen als mechanischen und chemischen Reiz von Kali causticum verloren; eben so wenig war eine Spur von Contractilität an den Muskeln selbst durch diese Reize hervorzurufen, während auf der andern Seite die Muskeln auf dieselben Reize sich kräftig zusammenzogen. Die gegenwärtigen Versuche erweisen jedenfalls, dass die Kräfte der Nerven, die Muskeln zu Bewegungen zu veranlassen, nach gänzlich aufgehobener Communication mit den centralen Theilen des Nervensystems nicht allein verloren gehen, dass auch die Reizbarkeit der Muskeln selbst sich nach so langer Lähmung der Nerven verliert. Sie würden indess ein noch entscheidenderes Resultat geliefert haben, wenn man zur Prüfung der Reizbarkeit der Nerven und Muskeln nicht bloss ein einfaches Plattenpaar, sondern eine kleine galvanische Säule angewendet hätte. Nur dadurch hätte sich mit Bestimmtheit unterscheiden lassen, ob alle Kraft in den Muskeln in zweien der Fälle erloschen war. Indessen beweisen die Versuche deutlich genug, dass die Reizbarkeit der Muskeln mit dem Verluste der Reizbarkeit der Nerven auf die Dauer sich nicht erhält.

2. Sind die Nerven allein die Leiter, durch welche alle Reize auf die Muskeln zunächst wirken? Die Gründe, welche diess beweisen, sind folgende.

a. Die Reize, welche auf die Muskeln selbst angewandt ihre Bewegung veranlassen, sind dieselben, wie diejenigen, welche auf die Nerven angewandt die Muskeln zur Contraction erregen. Ich beobachtete zwar öfter einen Unterschied, indem die mineralischen Säuren und der Weingeist auf die Nerven applicirt keine Zuckungen hervorbrachten, während sie an den Muskeln selbst angewandt diess thaten. Indess scheint diess keine constante Verschiedenheit zu seyn; denn A. v. HUMBOLDT hat durch Alcohol, oxygenirte Salzsäure, Arsenikoxyd, und selbst Metallsalze bei ihrer Anwendung auf die Nerven eine zitternde Bewegung in den Muskeln hervorgebracht, und BISCHOFF und C. WINDISCHMANN haben, wie ich aus brieflicher Mittheilung weiss, einzelne Fälle gesehen, wo die Mineralsäuren, auch auf die Nerven der Frösche applicirt, Zuckungen hervorbrachten.

b. Die Stoffe, welche den Muskeln ihre Reizbarkeit nehmen, tilgen sie auch in den Nerven. Obgleich die Narcotica, wenn sie in den Kreislauf kommen und durch Alteration des Gehirns und Rückenmarkes tödten, die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln nicht unmittelbar aufheben, die Muskeln und Nerven bei auf diese Art getödteten Fröschen noch lange erregbar bleiben: so hat doch die örtliche Application der Narcotica auf die Nerven und Muskeln die Vernichtung der Reizbarkeit in so viel Theilen eines Nerven oder Muskels zur Folge, als mit dem Gifte in Berührung kommen. Nerven in Opiumlösung eine Zeitlang getaucht, verlieren die Reizbarkeit an der benetzten Stelle, während die zwischen dieser und dem Muskel liegenden Stellen noch reiz-

bar sind. Vergl. Bd. I. p. 613. Der Muskel in Opiumlösung getaucht wird auch, so weit diess geschieht, todt; diese gleichartige Wirkung der Narcotica auf die Nerven und Muskeln macht es wahrscheinlich, dass die Narcotica, indem sie bei der Benetzung des Muskels die Reizbarkeit der in ihnen verbreiteten Nerven zweige vernichten, dadurch auch die Fähigkeit des Muskels aufheben, für Reize empfänglich zu seyn.

c. ALEXANDER v. HUMBOLDT präparirte und schnitt die Nerven musculöser Theile bis in die feinsten Zweige heraus (an den oberen Theilen von Froschschenkeln oder an den Flossen der Fische), und diese hatten aufgehört, vom Metallreize afficirt zu werden.

d. Sehr heftige electriche Schläge, die entweder die Muskeln oder die Nerven allein treffen, sollen sehr schnell die Contractionsfähigkeit der Muskeln für äussere Reize aufheben. TIEDEMANN *Physiol. I.* 551.

e. Auch das von mir beobachtete verschiedene Verhalten der sensoriellen und motorischen Nerven bei galvanischen und mechanischen Reizen gegen Muskeln, die Zweige von beiden erhalten, kann hier angeführt werden. Durch den N. lingualis konnte ich keine Zuckungen in den Zungenmuskeln, durch den Infraorbitalis keine Zuckungen in den Schnauzenmuskeln bewirken. Man sieht daher, dass nicht der blosse Nervenfluss im Allgemeinen Reiz für die Contraction der Muskeln gleich andern Reizen ist, und dass ein specifisches Verhältniss einer besondern Classe von Nerven, der motorischen, zur Erregung der Muskeln nothwendig ist.

f. Endlich beweist das Erlöschen der Reizbarkeit der Muskeln nach langer Lähmung der durchschnittenen Nerven, deren glückliche Reproduction verhindert worden, auch und vielleicht am meisten und entschiedensten von allen Gründen, dass zur Erregung der Muskeln die Integrität der in ihnen sich verbreitenden Nerven nöthig ist, die Muskeln aber nicht durch sich für Reize empfänglich sind. So gewiss diess nun scheint, so kann doch die Fähigkeit der Zusammenziehung nur eine Eigenschaft der Muskeln seyn, und TIEDEMANN bemerkt mit Recht, dass ihnen die lebenden Nerven nicht eine Kraft mittheilen können, die sie selbst nicht haben. Aber die den Muskeln inhärente Fähigkeit der Zusammenziehung setzt zu ihrer Aeusserung die Mitwirkung der Nerven voraus, und wohl ist die von den Nerven ausgehende Entladung eines imponderablen Agens eben so nöthig, die Primitivfasern der Muskeln zur Anziehung ihrer kleinsten oder grösseren Theile gegen einander zu bringen, als die Anziehung derselben nöthig ist, um die Verkürzung hervor zu bringen. Welche Arten der Anziehung in den von dem Nervenagens imprägnirten Muskeln statt finden, ist im vorigen Capitel schon aus Thatsachen aufgeklärt worden. Wie stark diese Anziehung aber zwischen den Winkeln der gebogenen Muskelfasern ist, lässt sich am besten aus der Fähigkeit ableiten, welche die lebenden Muskeln besitzen, im Zustande der Zusammenziehung der grössten Last, der grössten Ausdehnung zu widerstehen, während sie nach

Verlust des Anziehungsvermögens ihrer Theilchen nach dem Tode so sehr leicht zerreisbar sind. Vergl. TIEDEMANN a. a. O. p. 553.

Ueber die Art der Wechselwirkung der Nerven und Muskeln bei der Contraction derselben ist man noch ganz im Dunkeln. PREVOST und DUMAS (MAGENDIE *J. de physiol.* T. 3.) wollen beobachtet haben, dass die feinen Nervenzweige in querer Richtung über die Bündel der Muskelfasern verlaufen, und zwar gerade an denjenigen Stellen, wo bei der Zusammenziehung derselben die Winkel der zickzackförmigen Biegungen entstehen, so dass diejenigen Theile des Muskels, über welche die Nerven hergehen, die Punkte seyen, gegen welche die Anziehung der übrigen statt finde, oder auch, welche sich unter einander anzögen. Sie glauben auch beobachtet zu haben, dass die Nerven auf diese Art Schlingen bilden, und dass die Nervenfasern dieser Schlingen einerseits zu der Schlinge hingehen und andererseits wieder aus der Schlinge in den Stamm zurücklaufen. SCHWANN hat das Verhalten der Nerven in den Muskeln an einem der seitlichen Bauchmuskeln des Frosches untersucht. Es ist hier möglich, eine so dünne Muskelschicht unter das Mikroskop zu bringen, dass man bei 450facher Vergrößerung noch hinlänglich Licht hat, um Alles sehr deutlich zu unterscheiden. Es war aber nur eine 100fache Vergrößerung nothwendig. SCHWANN beobachtete nun Folgendes: der in den Muskel eindringende Nervenstamm entsendet zahlreiche Nervenbündel, die sich sehr bald wieder in feinere Bündel theilen, und so fort, bis zuletzt aus den dünnen Bündeln einzelne Primitivfasern abgehn. Sowohl die feineren Bündel als auch die einzelnen Primitivfasern gehen oft unter rechten Winkeln von ihrem Stamme ab. In ihrem Verlaufe kommen sehr häufig die Bündel und auch die meisten einzelnen Primitivfasern mit anderen Bündeln zusammen und zwar sowohl mit solchen, die in derselben Richtung verlaufen. Wegen dieses Umstandes war es unmöglich zu entscheiden, ob wirklich einige Fasern, eine Schlinge bildend, wieder zum Stamm zurückkehren. Das Aneinanderlegen der Fasern und Bündel ist so häufig, dass dadurch der Muskel wie mit einem sehr unregelmässigen Netze von Nerven durchflochten erscheint. Die dieses Netz bildenden Nervenfasern liegen aber zu den Muskelbündeln in gar keiner bestimmten Lage. Dagegen beobachtete SCHWANN einigemal folgendes Verhalten. Ein Nervenbündel von wenigen, z. B. 4 Primitivfasern, lief quer über die Muskelbündel. Davon lief zuerst eine primitive Nervenfaser unter einem rechten Winkel ab, zwischen 2 dünnste Muskelbündel, dann lief eine zweite Faser, ebenfalls unter einem rechten Winkel, zwischen das vorige zweite und ein daneben liegendes drittes Muskelbündel, eine dritte Faser lenkte zwischen dem dritten und einem daneben liegenden vierten Muskelbündel ab und nur die eine übrig bleibende vierte Nervenfaser verband sich mit anderen Nervenbündeln. Jene einzelnen Fasern nun liefen parallel mit den Muskelbündeln eine Strecke weit und verschwanden dann, ohne dass sich entscheiden liess, was aus ihnen wurde. Es wäre möglich, dass sie sich in viel feinere Fäden theilten, die sich

unter einander netzförmig verbinden. Wenigstens hat SCHWANN dieses Verhalten in einem nicht musculösen, vom Sympathicus versehenen Theile, im Mesenterium des Frosches und der Feuerkröte beobachtet. Die hier das Netz bildenden Fasern sind ausserordentlich viel feiner, als die gewöhnlichen Primitivfasern oder die stärkeren Nervenfasern im Mesenterium, von welchen die feinen Fasern abgehen. Dass die von SCHWANN im Mesenterium beobachteten feinen Fasern wirklich Nervenfasern sind, wird durch den Habitus der stärkeren Fasern gewiss, von denen sie abgehen; aber diese stärkeren Fasern im Mesenterium waren, selbst wenn sie die Dicke der gewöhnlichen Primitivfasern der Nerven hatten, doch wieder in ihrem Inneren undeutlich gefasert, gerade so als wenn die sehr feinen Fasern, welche sie abgeben, schon in ihnen vorgebildet wären. Hier entsteht nun die Frage, ob diese so feine elementare Structur der Nervenfasern erst in den peripherischen Enden derselben eintritt, da dergleichen feine Elemente in den gewöhnlichen Primitivfasern der Nerven, wie man sie in jedem Nerven unter dem Mikroskope sieht, durchaus nicht enthalten sind.

Die Theorie der Muskelbewegung von PREVOST und DUMAS gründet sich nun auf die Beobachtung, dass die Nervenfasern quer über die Muskelbündelchen verlaufen, da wo die Winkel der zickzackförmigen Biegungen sind, und auf die Voraussetzung, dass die queren Schlingen der Nervenfasern sich gegenseitig anziehen und dadurch die Muskelfasern verkürzen. Schon bei dem Versuch, die Beobachtung von PREVOST und DUMAS an lebenden Muskelbündelchen zu wiederholen, sieht man, dass bei dem Uebereinstimmen querer Nervenfasern mit den Biegungswinkeln der Muskelfasern nicht die Primitivfasern der Nerven, sondern nur ganze Bündel von Nervenfasern gemeint seyn können. Denn an einem so dicken Muskelbündel, woran man durch Reizung noch eine Contraction hervorbringen kann, ist es nicht möglich, Primitivfasern der Nerven zu sehen; diese in den Muskeln zu verfolgen, ist nur möglich, wenn man die dünnsten Durchschnitte von Muskelsubstanz macht, und diese mit dem zusammengesetzten Mikroskop untersucht. Auch beweisen die Abbildungen von PREVOST und DUMAS deutlich, dass sie nur mit der Loupe untersucht haben. Ihre Theorie geht also nicht von der Wechselwirkung der Elemente der Muskeln und Nervensubstanz aus. PREVOST und DUMAS setzen nun eine electriche Strömung in den Nerven voraus, gestehen indess gleichwohl, dass sie mit dem Galvanometer nie eine electriche Strömung an den Nerven haben nachweisen können. Um electriche Strömungen in den Nerven durch das Galvanometer nachzuweisen, ist es nicht zulässig, dass man die Dräthe des Galvanometers auf Nerven und Muskeln zugleich anwende; denn da eine Kette von heterogenen thierischen Substanzen, wie Nerve und Muskel und von Metall schon Electricität erzeugt, so würde man bei jenem Versuche mit dem Galvanometer nicht allein die etwa in den Nerven wirkende, sondern auch die durch die Kette erst erzeugte Electricität prüfen. Man muss daher bei solchen Versuchen die Drä-

the des Galvanometers auf die Nerven allein anwenden und beobachten, ob ein Nerve, der mit dem Gehirne in Verbindung steht, bei den willkührlichen Bewegungen Schwankungen der Magnetnadel bewirkt. PREVOST und DUMAS haben allerdings so verfahren, indem sie bei gesunden Thieren den Nervus vagus und den Plexus ischiadicus bei einem Thiere im tetanischen Zustande untersuchten; sie fanden keine mit dem Galvanometer nachweisbare Spur von Electricität. Diesen Mangel an Erfolg kann ich bestätigen. Um die Unempfindlichkeit des Galvanometers zu erklären und den Haupteinwurf gegen ihre Hypothese zu beseitigen, nehmen PREVOST und DUMAS wieder hypothetisch an, dass der galvanische Strom in den Nerven doppelt sey, dass sich beide Ströme neutralisiren, so dass die Wirkung auf die Magnetnadel aufgehoben werde. Sie vergleichen die Magnetnadel des Galvanometers mit den von den Nervenschlingen umgebenen Muskelbündeln; beide erfahren die Wirkungen entgegengesetzter Ströme, und gerathen dadurch in Schwankungen. Man sieht, dass, so ingenios diese Idee ist, sie doch durchaus keine erfahrungsmässige Basis hat. Wenn nun diese Erklärung schon sehr gewagt ist, so ist der Versuch von PREVOST und DUMAS, die Wirkung des Feuers und der chemischen Einflüsse auf die Nerven der Muskeln auf eine electricische zu reduciren, noch gewagter. Was sie dafür angeführt haben, ist schon früher in der Nervenphysik Bd. I. 621. erwähnt und erklärt worden. Endlich ist zu erwägen, dass nach der Hypothese von PREVOST und DUMAS die Anziehung der Nervenschlingen in den Muskeln gegen einander die Ursache der Verkürzung ist, und dass in dieser Hypothese die Masse des Muskels als Nebensache betrachtet wird. Freilich liesse sich die Hypothese so reformiren, dass dieser Vorwurf wegfiel, indem man annimmt, dass die Muskeln mit einer der Electricitäten beständig geladen sind, und dass ihnen die andere durch die Nerven zugeführt wird, wodurch die Anziehung der Muskelfasern gegen die Nervenschlingen und umgekehrt bewirkt werde. Indessen würde hier das von PREVOST und DUMAS benutzte Element der Erklärung, das von der Vergleichung der Muskelfasern mit magnetischen Körpern hergenommen ist, aufgehoben werden, und es lässt sich hierbei nicht einsehen, warum diese Anziehung der verschieden geladenen Muskel- und Nervenfasern stattfinden soll, und warum sich die Ströme nicht wie in anderen thierischen Theilen neutralisiren, ohne eine Anziehung der Theilchen gegen einander zu bewirken.

Dasselbe gilt auch von der neulich von MEISSNER (*System d. Heilkunde aus allgemeinen Naturgesetzen. Wien 1832*) vorgetragenen Ansicht. Nach MEISSNER nämlich ströme das in den Nerven nach ihm hypothetisch vorhandene electricische Fluidum in die Muskeln, bilde um alle einzelnen, der Länge nach fadenartig aneinander haftenden Atome des Muskels electricische Atmosphären, treibe dadurch die Muskelfasern, welche an beiden Enden fest verbunden sind, in der Mitte aus einander, und bewirke eben darum die Verkürzung; wie wenn man Hollundermarkkugeln auf einen Bindfaden reiht, mehrere solcher Fäden an beiden En-

den verbindet, und das Bündel an den electrischen Conductor hängend electrirt, worauf das Ganze sich verkürzt, indem die Fäden auseinander fahren. Eine solche Erklärung würde zwar nicht auf die zickzackförmige Biegung der Muskelfasern, aber mehr auf die an den Muskelfasern der Insecten von mir beobachteten Querabtheilungen der primitiven Bündelchen passen, wo die Bündelchen an den Quertheilungen sich bauchig ein wenig erweitern. (S. oben p. 41.) Diese Ansicht würde von der vorhergehenden nicht wesentlich verschieden seyn. Nach der erstern wären die Muskeln in der Ruhe beständig schon in einem electrischen Zustande $+$ oder $-$, die Bewegung käme zu Stande, indem ein entgegengesetzt electrischer Strom von den Nerven ausgeht und beide sich im Muskel neutralisiren; nach der zweiten, wo ein electrischer Zustand in den Nerven vorausgesetzt wird, würde sich von selbst der entgegengesetzte electrische Zustand nach dem Gesetze der electrischen Vertheilung in den Muskeln entwickeln müssen. Beide Ansichten haben eine unüberwindliche Schwierigkeit in der schon vorher gemachten Bemerkung, dass sich nicht einsehen lässt, warum bei der Vereinigung beider Ströme, des der Nerven und der Muskeln, sich die peripherischen Enden der Nerven und die Muskelfasern gegenseitig anziehen sollen, oder warum nach MEISSNER die Primitivfasern der Muskeln sich von einander entfernen sollen. Wenn nämlich durch Electricität Bewegungen von Theilchen gegen einander entstehen sollen, ist es nicht bloss nöthig, dass sie electrisch sind. Sind sie entgegengesetzt electrisch, aber nicht isolirt, so werden sich die Ströme vereinigen, aber die Theilchen unbewegt bleiben. Papierschnitzchen werden von dem geriebenen Electron deswegen angezogen, weil sie im trocknen Zustande nur Halbleiter sind. In der Nähe des geriebenen Bernsteins oder Siegellacks entsteht durch Vertheilung an ihnen die entgegengesetzte Electricität. Beide Electricitäten streben sich zu vereinigen, und das Papierschnitzchen wird zum schwerern Körper hingezogen, weil es die Electricität zugleich in einem gewissen Grade, so lange die Vereinigung bei der Berührung nicht zu Stande gekommen ist, bindet. Sobald das Papierschnitzchen nass ist, hört es auf, angezogen zu werden, weil es im nassen Zustande vollkommener Leiter ist. In diesem Zustande nimmt es die Electricität des geriebenen Siegellacks auf, ohne angezogen zu werden. Ein vollkommener, sehr leichter Leiter wird auch dann zu einem electrischen Körper hingezogen, wenn der erstere isolirt ist. So bewegt sich das isolirte Goldplättchen zu dem electrischen Körper hin, aber die Bewegung hört auf, sobald die Isolation aufgehoben ist. Ebenso ist es mit dem von MEISSNER gewählten Beispiele. Die am Conductor der Electrisirmaschine aufgehängenen Schnüre von Korkkügelchen entfernen sich von einander, indem sie die Electricität des Conductors aufnehmend, gleichnamig electrisch geworden, sich abstossen. Auch diese Bewegung kommt nur so lange zu Stande, so lange Korkkügelchen im trocknen Zustande nicht vollkommene Leiter sind.

Wenden wir diess auf die Muskeln an, so werden sich die

Nervenenden und Muskelfasern nur dann anziehen können, oder die Muskelfasern nach der zweiten Hypothese nur dann auseinander weichen können, wenn sie keine Leiter sind. Das sind sie aber. Sie leiten die Electricität im nassen Zustande vortrefflich, und so gut, als irgend ein nasser thierischer Theil. Man könnte für die Hypothese, dass die Muskeln doch unvollkommene Leiter seyen, eine Beobachtung von A. v. HUMBOLDT anführen, dass, wenn der lose unterbundene Nerve eines Froschschenkels über der Unterbindung mit einem, der Muskel mit dem andern Pole armirt wird, eine Zuckung nur dann erfolgt, wenn von der Unterbindungsstelle des Nerven bis zu seinem Eintritte in den Muskel noch ein Stück freiliegenden Neryens ist. Unterbindet man den Nerven gleich bei seinem Eintritte in den Muskel, und armirt den Muskel und Nerven über der Unterbindung, so folgt keine Zuckung. Diese letztere erfolgt aber, wenn man den Nerven jetzt eine Strecke aus dem Muskel herauspräparirt, auch hört die Zuckung auf, wenn zwischen Unterbindung und Muskel zwar ein Stück Nerve frei liegt, dieses Stück aber von einem Stückchen Muskelfleisch umgeben wird. Man könnte auf den ersten Blick daraus schliessen, dass der Muskel ein unvollkommener Leiter ist. Aber bei genauerer Betrachtung sieht man, dass der Erfolg des Versuchs eben von der vortrefflichen Leitung des Muskels abhängt. Denn zur Umhüllung des Nerven kann, wie A. v. HUMBOLDT fand, auch eben so gut und mit demselben Erfolge nasser Schwamm oder Metall angewandt werden. Wie gut das nasse Muskelfleisch leite, davon kann man sich bei jedem Versuche an Froschschenkeln mit der einfachen galvanischen Kette überzeugen, sobald man als Conductor des schwachen electrischen Stromes ein abgeschnittenes Stück frisches oder altes Muskelfleisch nimmt.

Erwägt man überdiess, dass die ganze Hypothese von der Aehnlichkeit des elektrischen und Nervenfluidums keine empirische Basis hat, und dass, wie oben Bd. I. p. 616 bewiesen worden, beide Fluida durchaus nach den Körpern, welche sie leiten und welche sie isoliren, verschieden sind, so bleibt kein Grund mehr für die Annahme der Theorie von PREVOST und DUMAS oder irgend einer anderen modificirten Theorie der Muskelbewegung, die auf die Electricität begründet wäre, übrig.

Da die Muskelfasern zwischen den Nervenschlingen der Muskeln verkürzt zu werden scheinen, so ist es wahrscheinlich, dass diese Stellen des Muskels, welche dem Einflusse des Nervenprincips vorzugsweise ausgesetzt werden, sich anziehen und dadurch die zickzackförmige Biegung der Fasern hervorbringen. Die regelmässigen Anschwellungen der primitiven Bündel der Muskeln, die ich oft an den Muskeln der Insecten unter dem Mikroskope gefunden, zeigen auch, dass noch zwischen viel kleineren Theilen der Muskelfasern Anziehungen der Länge nach gegen einander stattfinden. Auch diese Anziehung wird davon abhängen, dass die Muskelfasern durch das Nervenprincip in diesen anziehungsfähigen Zustand ihrer aliquoten Theile versetzt werden. So weit und nicht weiter lässt sich indess bei dem jetzigen Zu-

stande der Wissenschaft gehen. Die Fähigkeit des contractilen Gewebes der Oscillatorien, der Mimosen u. s. w. des leimgebenden contractilen Gewebes der Thiere, sich zu krümmen, sich zusammenzuziehen, sich zu verkürzen, scheint diesen wie den Muskeln durch ihren Lebenszustand eigen. Aber die Muskelfasern unterscheiden sich von jenen, dass dieser Lebenszustand jedesmal erst durch eine Wirkung oder Entladung des Nervenprincips in Act tritt.

SCHWANN ist mit Versuchen beschäftigt, um auszumitteln, nach welchem Gesetz die Kraft eines Muskels mit der Contraction desselben ab- oder zunimmt. Er bedient sich dazu des *Musculus gastrocnemius* beim Frosch, und zwar mit Hülfe folgender Vorrichtung. Ein Frosch wird auf einem Brettchen mit seinem Oberschenkel horizontal befestigt, der Unterschenkel senkrecht in die Höhe gerichtet und der Fuss wieder horizontal gebogen. Beide werden in dieser Lage unbeweglich festgebunden. Dann wird der N. ischiadicus hoch am Oberschenkel abgeschnitten und, mit möglichster Schonung der grossen Gefässe, bis zum Unterschenkel herauspräparirt, so dass er seitwärts heraushängt und hier über zwei Anfangs horizontal laufende, dann aber senkrecht sich hinunter biegende und das Brettchen durchbohrende Dräthe gelegt werden kann. Von diesen unter sich nicht zusammenhängenden Dräthen geht der eine zu dem einen Pol eines galvanischen Plattenpaares, der andere kann, durch leichtes Andrücken eines von dem andern Pol kommenden Drathes, mit diesem in Verbindung gesetzt werden. Die Haut am Unterschenkel des Frosches bleibt unverletzt, bis auf einen kleinen Einschnitt in der Ferse, durch den die Sehne des *M. gastrocnemius*, nachdem sie am Fusse abgeschnitten worden, geleitet wird. An diese Sehne wird ein Faden gebunden, der senkrecht in die Höhe geht zu dem einen Arm einer darüber hängenden Wage, wo er festgebunden wird. An dem andern Arm der Wage hängt eine Wageschale. Der erste Arm, mit dem der Muskel in Verbindung steht, wird durch Anbinden eines geraden Drathes um das Sechsfache verlängert, damit eine kleine Contraction des Muskels eine grosse Bewegung dieses Wagebalkens hervorbringt. Die Wageschale wird nun so viel beschwert, dass sie ein kleines Uebergewicht über den andern Wagebalken hat. Das Ende dieses verlängerten Wagebalkens wird durch ein horizontales Stäbchen, gegen das es nach oben drückt, so niedergehalten, dass sich der Wagebalken nach unten, aber nicht nach oben bewegen kann. Dieses Stäbchen kann, mittelst einer eigenen Vorrichtung, sehr genau höher oder niedriger geschraubt werden und die Grösse dieser Veränderung kann an einer Skale abgelesen werden. Ist nun der Apparat so vorgerichtet, dass der lange Wagebalken etwas höher steht als in der horizontalen Richtung, ist ferner der Muskel mit demselben verbindende Faden so gewählt worden, dass er in dieser Stellung ein wenig gespannt wird, so lässt man den Reiz eines Plattenpaares von 1□" Oberfläche auf den Ischiadicus wirken. Durch die Zusammenziehung des Muskels wird der Wagebalken nach unten gezogen. Man schraubt nun

das horizontale Stäbchen so tief, dass der Muskel bei seiner Contraction den Wagebalken nur um ein Minimum von dem Stäbchen weiter nach unten zu ziehen vermag. Das geringe Uebergewicht der Wageschale $= 0$ betrachtet, ist diess der stärkste Grad der Zusammenziehung. SCHWANN beobachtete nun, dass, wenn er jetzt Gewichte auf die Wageschale legte, der Wagebalken nicht mehr bewegt wurde. Auf diesem Puncte der Contraction war also die Kraft des Muskels $= 0$. Wurde aber das horizontale Stäbchen etwas in die Höhe geschraubt, so liess sich wieder ein Punct finden, wo der Wagebalken eben bewegt wurde. Bei diesem geringen Grade der Contraction war also die Kraft des Muskels gleich dem aufgelegten Gewichte. Das Quantum der Verkürzung aber war der sechste Theil von dem, um was das Stäbchen höher geschraubt worden war. Wurde nun das Doppelte des vorigen Gewichts aufgelegt, so musste das Stäbchen noch höher geschraubt werden, wenn der Muskel den Wagebalken bewegen sollte. Auf diesem Puncte war dann die Kraft des Muskels doppelt so gross als im vorigen Fall und der Grad der Verkürzung konnte wieder an der Skale des Messinstrumentes gefunden werden. So liess sich also die durch den Muskel bei einem bestimmten Reize sich äussernde Kraft mit dem Grade der Verkürzung desselben vergleichen. SCHWANN beobachtete noch die Vorsicht, dass er die Reize in gleichen Zwischenzeiten einwirken liess und dass er nach jedem Cyclus von Versuchen nachher wieder prüfte, ob sich der Muskel ohne Gewichte wieder auf denselben Punct wie vorher zusammenzog, oder dass er den Versuch in umgekehrter Ordnung wiederholte, z. B. erst den Stand des Messinstrumentes bei 0, dann bei 50, dann bei 100, dann wieder bei 50 und zuletzt bei 0 Gran Gewicht beobachtete und zwischen den bei demselben Gewicht sich ergebenden Zahlen das Mittel nahm. So fand er bei einem Frosche, wo die Versuche (im Winter) innerhalb 12 Stunden mit Unterbrechung zwischen den einzelnen Versuchen angestellt wurden, Folgendes:

I. Versuch. Bei 0 Gran Gewicht stand das Messinstrument auf 14,1, bei 60 Gr. auf 17,1, bei 120 Gr. auf 19,7, bei 180 Gr. auf 22,6. Nahm also die Kraft des Muskels von seiner stärksten Contraction bis zu einer geringen Zusammenziehung jedesmal um 60 Gran zu, so betrug der Längendifferenz des Muskels, nach den einzelnen diesen Kräften entsprechenden Puncten zwischen 0 und 60 Gr. 3,0, zwischen 60 und 120 Gr. 2,6, zwischen 120 und 180 Gr. 2,1. Nach dem Versuch verkürzte sich der Muskel wieder, wenn kein Gewicht auf der Wageschale lag, bis auf 13,7.

II. Versuch. Wenn kein Gewicht aufgelegt wurde, contrahirte sich der Muskel so, dass das Messinstrument auf 13,5 stand, bei 100 Gran auf 18,8, bei 200 Gran auf 23,4. Während also die Kraft von 0 auf 100 zunahm, verlängerte sich der Muskel um 5,3, während sie von 100 auf 200 wuchs, um 4,6. Nach dem Versuch verkürzte sich der Muskel ohne Gewichte bis auf 14,4.

III. Versuch. Das Messinstrument zeigte bei 0 Gr. Gewicht 13,7, bei 50 Gr. 18,7, bei 100 Gr. 20,3, dann wieder bei 50 Gr. 17,7, endlich wieder bei 0 Gr. 14,1. Nimmt man hier aus den

den einzelnen Längen entsprechenden Zahlen das Mittel, so ergibt sich, dass der Längenunterschied des Muskels da, wo er 0 und wo er 50 Gr. Gewicht betrug 4,3, zwischen 50 und 100 Gr. aber 2,1 war.

IV. Versuch. Bei 0 Gr. Gewicht stand das Messinstrument auf 13,5, bei 100 Gr. auf 19,1, bei 200 Gr. auf 23,2. Der Längenunterschied des Muskels zwischen den Puncten, wo er 0 und 100 Gran trug, verhielt sich also zu dem, wo er 100 und 200 Gr. trug, wie 5,7 : 3,1.

V. Versuch. Das Messinstrument stand bei 100 Gr. Gewicht auf 16,8, bei 10 Gr. auf 12,7, dann bei 100 Gr. auf 16,1, bei 200 Gr. auf 18,7, wieder bei 100 Gr. auf 16,1, endlich wieder bei 0 Gr. auf 11,7. Die mittleren Differenzen in der Länge zwischen den Puncten, wo der Muskel 0 und 100 Gr. und denen, wo er 100 und 200 Gr. betrug, verhielten sich also $= 4,1 : 2,4$.

In den beiden ersten Versuchen nahm also, während die Kraft des Muskels sich um ein Gleiches vermehrte, die Länge desselben näherungsweise um ein Gleiches zu. In den drei zuletzt angestellten Versuchen verlängerte sich der Muskel, wie seine Kraft um ein Gleiches zunahm, nicht in demselben Verhältniss, sondern in einem stärkeren, wenn weniger Gewicht auf der Wageschale lag. Die übrigen von SCHWANN angestellten Versuche gaben ein ganz ähnliches Resultat. In den Versuchen nämlich, die möglichst bald nach der Operation des Frosches angestellt wurden, wo also der normale Zustand am wenigsten gestört war, stellte sich das Gesetz heraus, dass die Kraft des Muskels in demselben Verhältnisse zunahm, in welchem der Muskel weniger sich contrahirte, oder dass sie in geradem Verhältnisse mit der Contraction des Muskels abnahm. Je später nach der Operation die Versuche angestellt wurden, um so mehr wichen die Resultate ab. Man kann daher schliessen, dass das Gesetz im normalen Zustande ziemlich genau gelte. Dieses Gesetz ist dasselbe, welches bei den elastischen Körpern gilt. Durch dieses Gesetz wird zunächst jede Erklärung der Muskelkraft als eine Anziehung der Theilchen desselben durch eine der uns bekannten anziehenden Kräfte widerlegt, welche so wirken, dass die anziehende Kraft wächst, je mehr sich die sich anziehenden Theilchen nähern und zwar umgekehrt nach dem Quadrate der Entfernung. Denn, ist die Anziehungskraft der Theilchen des Muskels so gross, dass sie sich schon nähern können, wenn sie weit von einander entfernt sind, so wird die Anziehungskraft noch vermehrt, wenn sich die Theilchen schon etwas genähert haben, d. h. wenn der Muskel sich schon etwas verkürzt hat. Der Muskel müsste daher bei seiner normalen Länge die geringste Kraft äussern, diese müsste wachsen mit seiner Verkürzung und im stärksten Grade der Contraction am grössten seyn. Die Versuche von SCHWANN beweisen aber, dass es sich gerade umgekehrt verhält, indem die Kraft des Muskels bei seiner normalen Länge am grössten, bei dem stärksten Grade der Contraction $= 0$ ist. Auch die Erklärung von PREVOST und DUMAS lässt sich nicht mit diesem Gesetz vereinigen. Der electrische Strom, den sie in den

Nerven voraussetzen, erregt einen magnetischen Strom in der queren Richtung und von diesem wird die Muskelfaser angezogen. Sie muss aber um so stärker angezogen werden, je mehr sie sich der Richtung des Stroms schon genähert hat, weil auch die magnetische Anziehung zunimmt, je mehr sich der angezogene Gegenstand nähert. Mithin müsste auch hier die Kraft des Muskels mit seiner Verkürzung wachsen. Die Erklärung von MEISSNER stimmt schon genauer mit diesem Gesetz überein. Bei derselben bewirkt nicht eine directe Anziehung die Verkürzung des Muskels, sondern eine Abstossung der Theilchen in der queren Richtung des Muskels. Je mehr sich also der Muskel verkürzt, um so mehr entfernen sich die sich abstossenden Theilchen, und um so geringer wird die Kraft sich weiter abzustossen. Hier nimmt also wirklich mit der Verkürzung die Kraft ab. Allein SCHWANN hat mathematisch berechnet, dass nach dieser Erklärung die Kraft nicht in gleichem Verhältniss mit der Verkürzung abnehmen könnte.

Am Schlusse dieser Erörterung scheint es nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass jede plötzliche Veränderung des Zustandes der Muskelnerven, durch was immer für eine Ursache, die Erschütterung des Muskels zur Folge hat. Die Schliessung, die Oeffnung der galvanischen Kette, die plötzliche Zerstörung des Nerven, das Brennen, der chemische Einfluss, die mechanische Zerrung, alles diess scheint dem imponderablen Principe der Nerven einen Impuls zu geben, durch welchen es entweder in Strömung oder in Oscillation nach den Muskeln geräth, mag nun der äussere Einfluss die Lebenskraft des Nerven erhöhen oder vermindern. Deswegen können Zuckungen bei jedem, auch dem schwächsten Zustande der Lebenskräfte vorkommen, indem das Nervenprincip auch vor dem Erlöschen seiner Wirksamkeit zu jener Bewegung oder Schwingung fähig ist, und in Bewegung geräth, sobald der Zustand des Nerven verändert wird. Man hat hier Gelegenheit, die in den Prolegomena schon erörterte Thatsache zu bestätigen, dass Reizen von Vermehren der Lebenskräfte ganz verschieden ist, dass man einen thierischen Körper zu Tode reizen kann, und dass auch jene den materiellen Zustand der Nerven so gewaltsam verändernden Narcotica (*Alterantia nervina*), während sie das Lebensvermögen der Nerven zerstören, doch in gleichem Grade noch Reizungssymptome hervorbringen können.

II. Abschnitt. Von den verschiedenen Muskelbewegungen.

I. Capitel. Von den unwillkührlichen und willkührlichen Bewegungen.

Unter den verschiedenen Classen der Muskelbewegungen fällt der Unterschied der unwillkührlichen und willkührlichen Bewegungen zunächst auf. Diese Eintheilung ist jedoch bei näherer Betrachtung weniger natürlich als es anfangs scheint. Die verschiedenen anatomischen Formen des Muskelgewebes sind ihr nicht günstig; es giebt überdiess viele unwillkührliche Bewegungen von Muskeln, die dem Willen unterworfen sind, Bewegungen, die zum Theil so rhythmisch wie die des Herzens erfolgen. Wenn gewisse Muskeln dem Einflusse des Willens ganz entzogen sind, so sind sie doch nicht unabhängig von Seelenzuständen, und endlich verliert jene Eintheilung sehr viel von ihrem Interesse, seitdem man eingesehen hat, dass die Nerven auf die unwillkührlichen Bewegungen einen eben so grossen Einfluss als auf die willkührlichen haben. Dass die Eintheilung der Muskeln in unwillkührliche und willkührliche aus anatomischen, von dem Muskelgewebe selbst hergenommenen Gründen nicht durchführbar ist, hat schon früher p. 34. bewiesen werden können. Wenn auch die Muskeln des organischen Leibes durch den Mangel der Querstreifen an den primitiven Bündeln und ihre cylindrischen Fasern sich auszeichnen und unwillkührlich sind, so gehört doch die Urinblase in Hinsicht der Structur der letztern Classe an, während sie doch einiger willkührlichen Bewegung fähig ist. Die Bündel der Irisfasern sind auch ohne Querstreifen, und doch kann die Iris mittelbar bei der Stellung des Auges nach innen willkührlich bewegt werden. Siehe oben Bd. I. p. 765. Und wenn hinwieder die Muskeln des animalischen Leibes sich durch die Querstreifen ihrer primitiven Bündel und die Perlschnurform ihrer Primitivfasern auszeichnen, und dem Willen unterworfen sind, so macht doch wieder das Herz eine Ausnahme, welches in Hinsicht der Structur der Muskelfasern mit den animalischen Muskeln, in Hinsicht der unwillkührlichen Bewegung mit den organischen zusammengehört. Siehe oben p. 34. Auch die Farbe der Muskeln stimmt eben so wenig mit jener Eintheilung. Die willkührlichen Muskeln sind in der Regel roth; aber die der Fische sind zum kleinern Theile roth, zum grössern blass. Die unwillkührlich beweglichen Muskeln sind meist blass, wie die des Darms, aber die des Muskelmagens der Vögel und die des Herzens sind stark roth, und die willkührlich bewegliche Muskelhaut der Urinblase ist so blass wie die des Darms. Dieser Unterschied der Farbe rührt gewiss auch nicht von dem grössern oder geringern Reichthum an Blutgefässen und von dem Färbestoffe des Blutes her. Die Substanz der Muskelfasern selbst, welche mit dem Färbe-

stoff des Bluts gemein hat, dass sie sich an der Luft stärker roth färbt, scheint die Ursache dieser Eigenthümlichkeit zu seyn. Freilich stützt sich die Eintheilung der Muskeln in willkührliche und unwillkührliche mehr auf die vom Nervensystem, als auf die von den Muskeln selbst hergenommenen Gründe, aber auch hier finden sich bei der Iris und der Urinblase Schwierigkeiten. Bedenkt man endlich, dass manche an sich dem Willen unterworfenen Muskeln doch beständig auch gegen den Willen zusammengezogen werden, wie der Sphincter ani, dass einige zum System der animalischen Muskeln gehörende bei den wenigsten Menschen willkührlich bewegt werden können, wie der Cremaster u. a., dass alle willkührlich beweglichen Muskeln aber oft den unwillkührlichen Bewegungen, sey es durch Reflexion oder Association, blosser Vorstellungen, wie beim Lachen, Gähnen, Seufzen, noch mehr aber durch Leidenschaften, unterworfen sind, so sind Gründe genug vorhanden, hier eine Eintheilung zu wählen, bei welcher die inneren Ursachen der verschiedenen Bewegungen mehr übersichtlich werden. Da die Aufstellung der Ordnung der unwillkührlichen Bewegungen von einem negativen Character hergenommen ist, so haben Einige die thierischen Bewegungen in automatische und willkührliche besser eingetheilt. Indessen giebt es so viele in Hinsicht der Ursachen sehr verschiedene Arten der unwillkührlichen Bewegung, dass uns diese Eintheilung auch nicht ganz nützlich scheint. Denn welche Unterschiede sind zwischen den automatischen, rhythmischen Bewegungen des Herzens und der Athemmuskeln, und den Reflexionsbewegungen? Die verschiedenen Ursachen der Muskelbewegungen scheinen durch folgende Classen am meisten zur Uebersicht gebracht zu werden.

I. Durch heterogene, äussere oder innere Reize bedingte Bewegungen. Unter heterogenen Reizen verstehen wir hier alle Ursachen zu Bewegungen ausser dem blossen Impuls des Nervenprincips selbst. In der Regel wirken solche Reize im gesunden Zustande nicht ein; es giebt jedoch einige Fälle, wo sie auch normal sind, wie der Reiz der Galle, der Excremente auf die Bewegungen des Darmes, des Urins auf die Urinblase etc. Zur Bewegung ist eine Veränderung des Zustandes der Muskelnerven nöthig. Es ist gleichgültig, ob diese dem Nerven aus seinen anatomischen Verbindungen mit den Centralorganen, oder aus seinen Gefässen, oder ganz von aussen zufliesst. Dieser Bewegungen sind alle, die animalischen und organischen Muskeln gleich fähig; sie erfolgen unwillkührlich, mögen die Muskeln sonst dem Einflusse des Willens entzogen seyn oder nicht. Der Ort, wo die Reizung geschieht, kann dreifach seyn.

a. Der Muskel selbst. In diesem Falle werden die im Muskel selbst sich verbreitenden Nerven zunächst afficirt, in dessen Folge erst die Convulsion eintritt. Siehe oben p. 52. Das Herz zieht sich bei äusserer Reizung, ebenso der Darmkanal, die Urinblase, alle unwillkührlichen gleich gut wie die willkührlichen Muskeln zusammen. Es findet nur der Unterschied statt, dass die äusseren Reize an den organischen vom N. sympathicus abhängigen

Muskeln nicht immer eine rasche und augenblicklich erfolgende Convulsion zur Folge haben, wie an den animalischen Muskeln, dass die erfolgende Contraction vielmehr entweder langsam eintritt und sich verstärkt, wie am Darmkanale und Uterus der Thiere, und dass sie lange nach dem Aufhören des Reizes ihr Maximum erreicht, und dauert, oder dass der Reiz bei den rhythmisch sich zusammenziehenden Organen, wie am Herzen, den Modus und die Schnelligkeit des Rhythmus auf einen ganzen Zeitraum verändert. Siehe das Nähere oben Bd. I. p. 711. Es scheint daher, dass die Fortpflanzung der Bewegung des Nervenprincips in dem N. sympathicus viel langsamer geschieht als in den animalischen Nerven, deren Reizung augenblickliche Wirkung hervorbringt, die gerade nur so lange dauert, als der Reiz wirkt.

b. Der Nerve. Die Reizung des Nerven ausserhalb des Muskels hat dieselbe Folge, wie innerhalb desselben bei der Irritation des Muskels selbst. Bei den animalischen Nerven sieht man diess jedesmal, bei den organischen ist es erst in neuerer Zeit entdeckt worden. A. v. HUMBOLDT veränderte den Herzschlag durch Galvanisiren der N. cardiaci, BURDACH durch Befeuchten des untern Halsknotens mit Kali causticum. Siehe oben Bd. I. p. 647. Ich verstärkte die Bewegung des blossgelegten Darmes des Kaninchens, nachdem er schon wieder ruhig geworden, durch Galvanisiren des Ganglion coeliacum mittelst der Säule. Am entschiedensten und leichtesten lässt sich aber das Factum beweisen durch Betupfen des Ganglion coeliacum mit Kali causticum. Diess ist eines der besten physiologischen Experimente. Ist der blossgelegte Darm eines Kaninchens, dessen Bewegungen sich an der Luft anfangs sehr verstärken, wieder ruhig geworden, und wird dann das Ganglion coeliacum mit Kali causticum betupft, so verstärkt sich sehr schnell darauf die Bewegung wieder. Auch hierbei sieht man wieder, dass die Bewegung des Nervenprincips im N. sympathicus langsamer und nachhaltiger erfolgt. Die Bewegung des Darms erreicht erst nach einiger Zeit ihr Maximum und dauert sehr lange fort.

c. Die Centralorgane. Die Application der Reize auf die Centralorgane hat denselben Erfolg. Die Bewegungen erfolgen jedesmal in den Muskeln, deren Nerven von dem gereizten Theile des Gehirns und Rückenmarkes abhängig sind. Die hierbei stattfindenden Gesetze sind in Hinsicht der animalischen Nerven schon oben Bd. I. p. 838., in Hinsicht der organischen Nerven Bd. I. p. 711. auseinandergesetzt worden. Nach WILSON PHILIP'S Versuchen kann die Bewegung des Herzens von jedem Theile des Gehirns und Rückenmarkes aus verändert werden, dahingegen gewisse Theile des Gehirns und Rückenmarkes immer mit gewissen Muskeln im Zusammenhange stehen. Ein wichtiger Unterschied in Hinsicht der materiellen Reize ist nun aber folgender. Manche Einflüsse bewirken Zuckungen, mögen sie an den Muskeln, an den Nerven oder an den Centralorganen applicirt werden, wie mechanische Reize, die Wärme, die Electricität, die Alcalien und andere. Gewisse Materien bewirken bloss Zuckungen, wenn sie auf den Wegen des Kreislaufes die Centralorgane

des Nervensystems verändern, wie die Narcotica. Ein Narcoticum kann zwar, auf einen Muskel oder Nerven örtlich applicirt, die Reizbarkeit beider örtlich aufheben, aber es bewirkt an den Nerven oder Muskeln applicirt nie Zuckungen. Dieselben Stoffe bewirken die heftigsten Zuckungen, wenn sie mit dem Blute auf das Rückenmark und Gehirn einwirken, und dass die Ursache dieser Zuckungen in den Centralorganen liegt, sieht man deutlich beim Durchschneiden der Nerven eines zuckenden Gliedes; der Tetanus hört in allen Theilen auf, deren Nerven vom Rückenmark getrennt sind. Siehe oben Bd. I. p. 612.

II. Automatische Bewegungen.

Unter den automatischen Bewegungen werden hier alle Bewegungen verstanden, welche, von Seelenactionen unabhängig, entweder anhaltend sind oder in einem regelmässigen Rhythmus erfolgen, und welche beide aus gesunden, natürlichen, in den Nerven oder Centralorganen liegenden Ursachen erfolgen. Die rhythmischen zerfallen in zwei Classen, je nachdem das Princip der rhythmischen Bewegung im N. sympathicus oder in den Centralorganen des Nervensystems residirt. In den bloss animalischen Nerven selbst ist die Ursache der regelmässigen rhythmischen Bewegung nie vorhanden.

a. Vom N. sympathicus abhängige automatische Bewegungen.

1. Muskeln mit Querstreifen der primitiven Bündel. Das Herz.
2. Muskeln ohne Querstreifen der primitiven Bündel. Darmcanal, Uterus, Urinblase.

Die automatischen Bewegungen der ersteren sind rasch, augenblicklich und schnell auf einander folgend, wie an den animalischen Muskeln mit Querstreifen. Die automatischen Bewegungen der Muskeln der zweiten Reihe sind langsam, nie Zuckungen, erreichen nur allmählig ihr Maximum, dauern länger, und die Perioden der Ruhe sind viel länger. Ob der Unterschied in der Structur der Muskelfasern liegt, oder im Nerveinflusse, ist nicht bekannt. Für das Erstere spricht einigermaassen der Umstand, dass die Urinblase, obgleich willkürlich beweglich, von den animalischen willkürlichen Muskeln sich doch dadurch unterscheidet, dass ihre Bewegungen nicht zuckend seyn können. Die Bewegungen der Urinblase werden übrigens nur in sofern hier unter die automatischen Bewegungen aufgenommen, als ihre Bewegungen bei voller Blase periodenweise sich verstärken. Bei den automatischen Bewegungen des organischen Leibes bemerkt man durchgängig eine gewisse Folge der Contractionen; der eine Theil des Organes zieht sich früher zusammen als der andere, und die Bewegung schreitet regelmässig in einer gewissen Richtung fort, worauf ein Periodus vollendet ist. Am Froschherzen beginnt die Bewegung an den contractilen Hohlvenen, dann folgen die Vorhöfe, dann der Ventrikel, dann der Bulbus aortae. Am Darne schreitet die Bewegung wurmförmig von oben nach unten fort, aber ein Periodus ist noch nicht bis unten abgelaufen, wenn der nächste beginnt und die Theile wieder in dersel-

ben Ordnung sich zusammenziehen. Die rhythmische Bewegung beginnt schon an der Speiseröhre, deren unterer Theil, wie MAGENDIE und auch ich beobachteten, von Zeit zu Zeit sich zusammenzieht und wieder erweitert. Am Morgen ist die Bewegung verhältnissmässig sehr schwach. Auch am Uterus der Thiere ist die Bewegung wurmförmig, wenigstens auf angebrachte Reize, wie ich bei der Ratte sah. Die periodischen Bewegungen des Uterus werden sonst nur während der Geburt, selten schwächer und krampfhaft während der Schwangerschaft beobachtet. Wirken Reize auf Organe mit automatischen Bewegungen ein, so bleibt die Folge der Bewegungen in der Regel; nur bei sehr zunehmender Reizung verändert sich die Folge und es entsteht antiperistaltische Bewegung; die letztere kann aber auch bei gehemmtem Nerveneinflusse unter Hirnzufällen eintreten. Bei Reizungen der Organe mit automatischen Bewegungen verändert sich auch der Periodus und die Bewegungen verstärken sich; das Herz schlägt bei Reizungen von aussen oder innen stärker und häufiger. Machen heftige acute Krankheiten eine starke Impression auf die Centralorgane, deren Folge man Fieber nennt, so bewegt sich das Herz nicht allein häufiger, sondern auch der Modus der Zusammenziehung der Fasern ist verändert, was den Puls hart macht; so lange die Kräfte noch unversehrt sind, ist der Puls daher hart, stark und häufig. In dem Maasse, als die Kräfte abnehmen und die Impression der Krankheit auf die Centralorgane fort-dauert, bleibt der veränderte Schlag des Herzens zwar und der Puls daher hart, aber die Stärke des Herzschlages verliert sich, und der Puls wird also schwach, während die Häufigkeit des Pulses zunimmt. Ein harter, voller und häufiger Puls ist daher in acuten Krankheiten das Zeichen einer heftigen Impression auf die Centralorgane, ohne wesentliche Veränderung der Lebenskräfte; ein harter, schwacher und häufiger Puls in dem Maasse, als diese Symptome zunehmen, Zeichen der zunehmenden Schwäche der Kräfte. Bei vielen Affectionen ohne Entzündung wird der Herzschlag seltener, wenn die Functionen der Centralorgane gehemmt sind, wie in syncoptischen und apoplectischen Zufällen. Die Bewegungen des Darmcanales werden von äusseren oder inneren Reizungen stärker, schneller, so an dem blossgelegten Darne, oder bei inneren Reizungen auf die Schleimhaut (Diarrhoe); bei der Spinalirritation treten krampfhafte automatische Bewegungen des Darmcanales, Uterus ein. Dieselbe Veränderung wird wenigstens am Darmcanale bei Reizung des sympathischen Nerven beobachtet, wie ich durch Application von Kali causticum auf das Ganglion coeliacum des Kaninchens zeigte.

Mehrere der Organe mit automatischen Bewegungen haben Sphincteren. Während die Zusammenziehungen dieser Organe sich periodisch verstärken, sind die Sphincteren beständig geschlossen, wie der Sphincter vesicae, der Muttermund vor der Geburt. Indem die periodisch verstärkten Bewegungen der Schläuche zunehmen und ihren Inhalt immer stärker gegen den Sphincter treiben, wird dieser zuletzt überwunden und ausge-

dehnt; er verstreicht. Der Antagonismus der Schläuche und der Sphincteren ist offenbar weniger in den musculösen Apparaten, als in der Art der Nervenwirkung auf beide begründet. Diese ist die Ursache, dass der Muttermund, der Sphincter vesicae anhaltend geschlossen ist, während sich die Bewegungen der Schläuche periodisch (beim Uterus in der Form der Wehen, bei der Urinblase als Harndrang) verstärken. Eine Polarität zwischen Fundus und Cervix uteri mit REIL (*REIL's Archiv* 7.) anzunehmen, macht die Sache nicht deutlicher. Die Ausdehnung der Sphincteren scheint grösstentheils in Folge des Druckes zu erfolgen, der Muttermund dehnt sich dem zu Folge aus, verstreicht, wie der Sphincter ani beim Drucke der Excremente von oben verstreicht. Nach dem Austreiben des Inhaltes ziehen sich Schlauch und Sphincter wieder allmählig zusammen. Diese Zusammenziehung scheint an den Sphincteren auch wieder ohne Periodus, an den Schläuchen periodisch verstärkt zu erfolgen; die Nachwehen nach der Geburt sind der Ausdruck dieser rhythmischen Contractionen.

Die letzte Ursache der rhythmischen Contractionen der organischen Muskeln liegt in der Art der Wechselwirkung zwischen den Muskeln und den sympathischen Nerven, nicht den Centralorganen. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied dieser automatischen Bewegungen von den automatischen Bewegungen der animalischen Muskeln. Das Herz setzt seine rhythmischen Bewegungen auch ausgeschnitten fort; sie hängen nicht vom Reize des Blutes ab, denn sie erfolgen noch eben so regelmässig am blutleeren Herzen; sie hängen auch nicht vom Reize der Luft ab, denn sie setzen sich auch im luftleeren Raume fort. Der Darmcanal zieht sich auch ausgeschnitten noch peristaltisch zusammen, und an dem ausgeschnittenen Eierleiter einer Schildkröte hat man diese Bewegungen bis zum Austreiben der Eier erfolgen sehen.

Dass die in der Muskelsubstanz sich verbreitenden organischen Nerven bei diesen automatischen Bewegungen der abgeschnittenen Theile eine Hauptrolle spielen, und dass diese Muskeln nicht unabhängig von den Nerven sich rhythmisch zusammenziehen, wie HALLER einst glaubte, ergiebt sich aus den Resultaten der früher geführten Untersuchung (p. 52.), wonach die Wechselwirkung der Nerven und Muskeln zum Acte der Muskelcontraction überhaupt nöthig ist, ferner auch aus der Thatsache, dass auf Reize, welche auf das Ganglion coeliacum angebracht werden (*Kali causticum*), sich der Modus der Zusammenziehung des Darmes auf längere Zeit verändert. Die Ursache des Rhythmus kann entweder in den Muskelfasern oder in den Nervenfasern liegen. Liegt sie in den Muskelfasern, so wird die Einwirkung des Nervenprincips beständig seyn, aber die Muskelfasern des Herzens verlieren nach jeder augenblicklichen Zusammenziehung ihre Fähigkeit sich zusammenzuziehen, und erhalten sie durch kurze Ruhe während der Einwirkung des Nervenprincips wieder. Liegt die Ursache des Rhythmus in den Nervenfasern, so ist die Empfänglichkeit der Muskelfasern dauernd, und das Nervenprincip strömt, aus in den Nerven liegenden Ursachen, nur periodisch

auf diese ein. Die erstere Hypothese, dass das Herz jeden Augenblick, oder 80mal in der Minute seine Empfänglichkeit für den perennirenden Einfluss des Nervenprincips verlieren und 80mal in der Minute sie wieder gewinnen sollte, ist unwahrscheinlich, da alle übrigen Muskeln sich dauernd bewegen, wenn der Reiz dauernd ist. Eine so schnelle Herstellung der verlorenen Reizempfänglichkeit durch blosse Ruhe ist eben so unwahrscheinlich, da zur Herstellung der Reizempfänglichkeit der ermüdeten Muskeln nicht bloss die Ruhe, sondern die Einwirkung des Blutes während der Circulation nöthig ist. Das Herz setzt aber seinen Rhythmus auch im blutleeren Zustande seiner Höhlen und ausgeschnitten fort, wo das arterielle Blut seine Capillargefässe nicht mehr durchströmen kann. Die erste Hypothese ist daher unwahrscheinlich und die zweite wahrscheinlicher, dass die Reizempfänglichkeit des Herzens dauernd, die Wirkung des Nervenprincips in den Nerven des Herzens periodisch ist.

Wir wollen diese zweite Hypothese nun näher zergliedern. Durch Wirkung auf das Ganglion coeliacum kann man die schon erloschene Bewegung des Darmes wieder peristaltisch, also auch rhythmisch herstellen und sehr verstärken. Diess macht es wahrscheinlich, dass dieses Ganglion an der Erzeugung der rhythmischen Bewegung Antheil hat; da aber das Ganglion bei jenem Versuche durch Kali causticum zerstört und todt wird, die hervorgerufenen rhythmischen Bewegungen aber lange fortdauern, so müssen auch die dem Ganglion zunächst liegenden Theile der im Darne sich verbreitenden Nerven jene Fähigkeit besitzen, und sie besitzen sie in der That, da ja selbst der blosse vom Mesenterium abgeschnittene Darm noch seine peristaltische Bewegungskraft in sich hat. Der Einfluss, den das Ganglion coeliacum auf Hervorbringung periodischer Bewegungen erweislich hat, wird auch den in den organischen Muskeln sich verbreitenden organischen Nervenzweigen um so mehr zukommen, als man bei feinerer Untersuchung der Zweige des Sympathicus in ihnen selbst noch öfter sehr kleine secundäre Anschwellungen ohne Regelmässigkeit zerstreut findet. RETZIUS hat dergleichen sehr kleine Ganglien an den auf den Trigemini übergehenden Zweigen des Sympathicus beobachtet. (Isis 1827.) Ich habe einmal ganz kleine mit der Loupe zu beobachtende Anschwellungen im Ramus communicans des Sympathicus und eines Dorsalnerven beobachtet. Die von mir gefundenen Zweige des Plexus hypogastricus, welche sich beim Pferde und Menschen in den hintersten Theil der Corpora cavernosa penis begeben, zeigen auch weit von diesem Eintritte entfernt kleine gangliöse Anschwellungen, beim Menschen in der Gegend des hintern Endes der Prostata, gleichwie beim Pferde. Bei feinerer Untersuchung grösserer Strecken des Nervus sympathicus sieht man nicht selten kleine, leicht zu übersehende Knötchen eingestreut, wenn man die einzelnen Faserbündel von einander in grösserer Länge trennt. REMAK hat im Laufe der sympathischen Nerven öfter solche kleine Anschwellungen isolirt, die man

mit blossen Augen sehr gut erkennen kann. Dr. SCHWANN hat an den feinsten mikroskopischen Zweigen des N. sympathicus im Mesenterium der Feuerkröte, von grossen Zwischenräumen unterbrochen, kleine Anschwellungen gesehen. Diese kleinen Anschwellungen des N. sympathicus sind wohl von den von EHRENBURG beobachteten Varicositäten der Primitivfasern des N. sympathicus zu unterscheiden*).

Fasse ich nun alles Vorausgeschickte zusammen, so ist mein Schluss folgender: Die automatische Bewegung der organischen Muskeln hängt, wie alle Muskelbewegung, zuerst von dem Impuls des Nervenprincips ab, was bewiesen wurde; die Ursache des Rhythmus dieser automatischen Bewegungen liegt nicht in der Natur der Muskelfasern, sondern des eigenthümlichen Nervensystems der organischen Muskeln, was bewiesen wurde; das Ganglion coeliacum hat die Fähigkeit, gereizt, peristaltische Bewegungen des Darms hervorzubringen, was bewiesen wurde; die gangliöse Natur des Sympathicus scheint sich ferner auch bei feinerer Verzweigung zu erhalten, und die Fähigkeit des Darms zu peristaltischen Bewegungen erhält sich auch am vom Mesenterium abgetrennten Darne. Schluss: folglich besitzen auch die kleineren in dem Darmkanal selbst verbreiteten Zweige des N. sympathicus noch die Wirkung, periodische Bewegungen hervorbringen, wie es vom Ganglion coeliacum erwiesen wurde.

Was von den peristaltischen Bewegungen des Darms gilt, muss auch von den rhythmischen Bewegungen des Herzens gelten; die erste Bewegung des noch schlauchförmigen Herzens ist auch eine peristaltische.

Es scheint daher aus allem Erwähnten hervorzugehen, dass die Fähigkeit des N. sympathicus, periodische Bewegungen hervorzubringen, nicht bloss seinen grossen Ganglien, sondern seinen kleinsten Theilen noch zukömmt, welche sich innerhalb der Organe verzweigen; und daher ist es zu erklären, warum das ausgeschnittene Herz, der ausgeschnittene Darm, der ausgeschnittene Eierleiter der Schildkröte noch einen bestimmten Rhythmus der Bewegung beobachten.

Hypothese. Es fragt sich, ob es nicht möglich ist, durch eine klare Hypothese genügend zu erläutern, wie es kommt, dass der Im-

*) Die von SCHWANN beobachteten Fasern, welche in sehr grossen Zwischenräumen kleine Anschwellungen bilden, sind ausserordentlich viel feiner als die gewöhnlichen Primitivfasern oder die stärkeren Nervenfasern im Mesenterium, von welchen die feinen Fasern abgehen. Dass die von SCHWANN beobachteten feinen Fasern wirklich Nervenfasern sind, wird durch den Habitus der stärkeren Fasern gewiss, von denen sie abgehen. Aber diese stärkeren Fasern im Mesenterium waren, selbst wenn sie die Dicke der gewöhnlichen Primitivfasern der Nerven hatten, doch in ihrem Innern undeutlich gefasert, gerade so, als wenn die sehr feinen Fasern, welche sie abgeben, schon in ihnen vorgebildet wären. Die gewöhnlichen sogenannten Primitivfasern der Nerven in anderen Theilen sind nicht im Innern gefasert, sondern mehr oder weniger klar. Ob auch diese Cylinder nicht noch feinere Elemente enthalten, ist noch ungewiss.

puls des Nervenprincips in den vom N. sympathicus versehenen Theilen mit Unterbrechung rhythmisch wirkt. Hypothesen sind in einer exacten und auf Facta sich stützenden Wissenschaft dann erlaubt, wenn eine definitive Erklärung zur Zeit unmöglich ist, wenn die hypothetische Erklärung den Facten nicht zuwider ist, vielmehr damit übereinstimmt, und wenn die Hypothese ein neues Feld zu ferneren Untersuchungen eröffnet. Das Folgende scheint eine Hypothese von dieser Art zu seyn.

Man nehme an, dass in dem N. sympathicus beständig Strömungen des imponderabeln Nervenprincips von dem Centrum (der Ursprungsstelle) nach der Peripherie, nach den Organen stattfinden. Wie kömmt es, dass die continuirliche Bewegung in die periodische umgewandelt wird? Die Mechanik zeigt uns viele Beispiele einer solchen Umwandlung. Wir wollen ein Bild von einem imponderabeln Fluidum hernehmen. Wird ein mit Electricität geladener Körper dem BOHNENBERGERSchen Electrometer auf einige Entfernung genähert, so zeigt das Goldblättchen desselben eine Neigung, gegen eine der Säulen hinzufahren, und ist der electriche dem Electrometer zugeleitete Strom stark genug, so wird das Goldblättchen gegen die Säule bis zur plötzlichen Berührung hingezogen. War der electriche Strom nicht stark genug, so bleibt das Goldblättchen geladen und schwebt der einen Säule des Electrometers zu, ohne sie zu erreichen. Die Electricität bleibt in ihm gebunden, trotz dem Streben nach Vereinigung beider Electricitäten. Erst wenn neue Quantitäten von Electricität dem Blättchen von aussen zugeführt werden, tritt das Maximum ein, wo das Blättchen die Electricität, womit es geladen ist, nicht mehr zu halten im Stande ist und plötzlich an die Säule abgiebt. Noch instructiver ist in dieser Hinsicht das funkenweise periodische Abgeben der Electricität von der beständig erregten Maschine, an einen in einiger Entfernung genäherten Leiter. Der zwischen dem Conductor der Maschine und dem genäherten Leiter befindliche Halbleiter, die trockene atmosphärische Luft, hindert das beständige Ueberströmen der doch beständig in der Maschine erregten Electricität; daher geht diese in periodischen Entladungen auf den Leiter über, je nachdem sie in der Quantität angehäuft ist, den Halbleiter zu durchbrechen. Was wir hier anführen, ist bloss ein Bild; es fällt uns nicht ein, das in den Nerven wirkende Princip mit der Electricität zu vergleichen; diese Idee ist hinlänglich (Bd. I. p. 616.) bestritten und widerlegt worden. Aber das Bild giebt ein Mittel an die Hand, uns eine vorläufige hypothetische Vorstellung von der Art der Bewegung des Nervenprincips in den sympathischen Nerven zu machen. Man hat die Ganglien des Sympathicus öfter mit Halbleitern verglichen. Wir haben gesehen, dass das Nervenprincip in den sympathischen Nerven sich viel langsamer als in den animalischen Nerven bewegt. Diess ist eine Thatsache. Denn wenn das Ganglion coeliacum des Kaniñchens, dessen blossgelegter Darm seine an der Luft anfangs verstärkten Bewegungen wieder eingestellt hatte, mit Kali causticum betupft wurde, so entstanden nach einigen Secunden erst verstärkte peristaltische Bewegungen des

Darms, welche viel später erst ihr Maximum erreichten und überhaupt sehr lange dauerten. Diese langsame Bewegung des Nervenprincips in dem sympathischen Nerven zeigt ein Hinderniss der Leitung an, welches in den animalischen Nerven nicht vorhanden ist, bei denen die Reaction des Muskels mit unmessbarer Geschwindigkeit auf die Reizung des Nervens folgt. Man kann also die sympathischen Nerven in der That mit Halbleitern oder Halbisolatoren vergleichen, mag nun die aufhaltende oder isolirende Ursache in den Ganglien oder in den Nervenfasern selbst liegen. Diess zugegeben, so ist auch ersichtlich, warum der Uebergang des Fluidums periodisch erfolgt oder periodisch sich verstärkt. Die als Halbleiter wirkenden gangliösen Theile des Sympathicus werden das Nervenfluidum als Halbleiter zu binden suchen. Der allgemeine, der peripherischen Verbreitung der Nerven folgende Strom strebt hingegen zum Impuls auf die organischen Muskeln. Haben nun gewisse als Halbleiter wirkende Theilchen des N. sympathicus eine gewisse Quantität des Nervenprincips gebunden, so behalten sie dieselbe so lange, bis das ihnen zugeleitete Nervenprincip das Maximum erreicht hat, das sie zu binden vermögen, dann geben sie dieses plötzlich an die organischen Muskeln ab, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Wenn ein solcher Process in dem N. sympathicus bis zu seiner peripherischen Verbreitung in den Muskeln stattfindet, so müssen die im Kleinen sich öfter wiederholenden Ganglien als Halbleiter und unvollkommene Isolatoren des Nervenprincips eine Hauptrolle dabei spielen. Ich bemerke nochmals, dass ich mich gegen eine Identificirung des Nervenfluidums und des galvanischen Fluidums durchaus verwahre. Denn um es nochmals zu wiederholen, die Isolatoren des Nervenprincips sind nicht die des electrischen, die Leiter des letztern nicht die des wirksamen Princips der Nerven.

Nicht alle vom N. sympathicus abhängige Bewegungen haben einen Typus intermittens, einige wie die der hieher gehörigen Schliessmuskeln haben einen Typus continens. Hier wird die ununterbrochene Leitung des Nervenprincips gestattet seyn. Der Sphincter vesicae urinariae ist fast immer thätig, und seine Thätigkeit wird nur in kleinen Zwischenzeiten unterbrochen. Es ist merkwürdig, dass diess grade an einem Organe stattfindet, dessen Nerven nicht bloss organische, sondern auch animalische sind, welche den continuirlichen Strom des Nervenprincips gestatten. Die Urinblase erhält ihre Nerven nicht bloss vom Plexus hypogastricus, sondern auch von dem 3. und 4. Sacralnerven. Diese continuirliche Zusammenziehung des Sphincters der Urinblase ist in der That auch weniger vom Sympathicus, als von dem animalischen Nervensystem und von den Centralorganen abhängig. Die Contractionskraft desselben wird bei Krankheiten des Gehirns und Rückenmarks aufgehoben. Während die bloss vom N. sympathicus abhängigen Bewegungen sich sehr lange unabhängig vom Gehirn und Rückenmark, ja sogar an ausgeschnittenen Theilen erhalten, wird der Sphincter vesicae urinariae sogleich

bei Durchschneidung des Rückenmarkes gleich dem willkührlich beweglichen Sphincter ani gelähmt.

Wenn die organischen Nerven die Fähigkeit haben, das Nervenprincip auf längere Zeit zu binden und nicht schnell auszuströmen, so erklärt sich daraus, warum die vom N. sympathicus versehenen Organe ihre Bewegungen noch lange Zeit unabhängig vom Gehirne und Rückenmarke fortsetzen. Siehe oben Bd. I. p. 186. 710. Ganz und auf die Dauer unabhängig von den Centralorganen sind diese Organe gleichwohl nicht. Nach häufigen Nachtwachen und in acuten Krankheiten mit heftiger Impression auf die Centralorgane wird dieser Einfluss später merklich, der in kürzeren Zeiträumen nicht so merklich seyn kann, wie an den von animalischen Leitern versehenen Theilen; dann nämlich wird auch die Kraft des Herzens und anderer organischen Muskeln erschöpft.

b. Von den Centralorganen abhängige automatische Bewegungen.

Da dieselben Muskeln beim unwillkührlichen Athmen und bei willkührlichen Bewegungen thätig sind, so musste man auf den Gedanken kommen, ob nicht beiderlei Bewegungen in denselben Muskeln durch verschiedene Nerven ausgeführt werden. CH. BELL suchte zu zeigen, dass die eine Art der Bewegung in diesen Muskeln aufgehoben seyn kann, während die andere fortduere. Liess er einen Hemiplegicus die Schultern aufheben, so konnte dieser, trotz aller Anstrengung, nur die Schulter der gesunden Seite heben. Die willkührlichen Bewegungen der Brust waren auf der kranken Seite aufgehoben, und doch hob sich, wenn BELL den Kranken stark einathmen liess, die Schulter auf der kranken Seite so gut wie auf der gesunden. C. BELL's *physiol. u. pathol. Untersuchungen des Nervensystems*. Berlin 1832. p. 113. (Diess beweist freilich nur, dass, wer das Vermögen hat, stark einzuathmen, auch noch die Willkühr über diese Muskeln besitzt.) CH. BELL erklärte jene Thatsachen daraus, dass der Nervus accessorius, welcher den cucullaris und levator scapulae versieht, als Respirationsnerven gelähmt seyn können, während die zu diesen Muskeln gehenden Zweige der Spinalnerven thätig bleiben; und so könne der Antheil, den jene Muskeln beim Athmen haben, indem sie die Brust vom Gewichte der Schultern befreien, während der willkührlichen Bewegung verloren seyn, und umgekehrt. BELL hat auch beim Esel den N. accessorius durchschnitten und gesehen, dass die Bewegung des cucullaris und levator scapulae beim Athmen aufhörte, die willkührlichen Bewegungen dieser Muskeln aber noch vorhanden waren. In Beziehung auf den N. accessorius kann man das Angeführte zugeben, obgleich es nicht hinreichend erwiesen ist, und der N. accessorius gewiss eben so gut als die Spinalnerven den cucullaris zur bloss willkührlichen Bewegung anregen kann. Viele Respirationsmuskeln, wie namentlich das Zwerchfell, haben nur einerlei Nerven, und es ist nicht entfernter Weise wahrscheinlich, dass in diesen Nerven besondere Fasern vorhanden sind, welche die Athembewe-

gung, und andere, welche die willkührlichen Bewegungen verursachen. Wir wirken auf dieselben Nervenfasern, wenn wir unwillkührlich nach bestimmtem Rhythmus athmen, und wenn wir nach Willkühr den Rhythmus verändern.

Die Ursache des Typus und Rhythmus dieser Bewegungen liegt nicht in den Nerven der animalischen Muskeln, sondern in dem Gehirn und Rückenmark. Die Gehirn- und Rückenmarksnerven verhalten sich zu ihnen als blosse Leiter der vom Gehirn und Rückenmark ausgehenden Bestimmungen; werden diese Leiter durchschnitten, so hört die automatische Bewegung auf. So verhält sich die Thätigkeit des Zwerchfells und aller Athemmuskeln zu ihren Nerven, so die Wirkung des Sphincter ani u. a. Die hieher gehörigen animalischen automatischen Bewegungen sind auch wieder theils von intermittirendem, theils von continuirendem Typus. Im erstern Falle befinden sich die Athembewegungen, im letztern die Bewegungen der animalischen Sphincteren. Alle hieher gehörigen Bewegungen werden von Muskeln ausgeführt, die ausser der automatischen Bewegung auch dem Willen unterworfen sind.

1. *Automatische Bewegungen des animalischen Systems mit intermittirendem Typus.*

a. Athembewegungen. Zu den Athembewegungen gehören die Bewegungen des Zwerchfells, der Bauchmuskeln, Brustmuskeln, der Kehlkopfmuskeln, welche die Stimmritze öffnen und schliessen. Hiezu kommen unter Umständen auch Athembewegungen im Gesicht und am Gaumensegel bei mehreren Menschen im Schlafe. Die dabei implicirten Nerven sind für gewöhnlich der N. phrenicus, accessorius Willisii, vagus, ein grosser Theil der Spinalnerven, und für die Athembewegungen des Gesichtes der N. facialis. Der N. vagus hat an den Athembewegungen, obgleich er das Organ des chemischen Athemprocesses, die Lungen, versieht, einen nur geringen Theil. Sein Antheil an den Athembewegungen beschränkt sich nur auf seine Herrschaft über die Bewegungen der kleinen Muskeln des Kehlkopfes, und vielleicht rührt selbst diese nur von dem Uebergange eines Theils des N. accessorius Willisii auf den Vagus her. Siehe oben Bd. I. p. 639. Die Lungen haben mit den Athembewegungen gar nichts zu thun; der ganze untere grössere Theil des N. vagus besitzt gar keine motorische Kraft, nicht einmal auf den Magen (siehe oben Bd. I. p. 773.), und die Functionen des N. vagus in den Lungen sind offenbar, die Empfindungen der Lungen zu leiten, und einen Theil organischer Fasern vom N. sympathicus zur Regulirung des chemischen Processes in den Lungen zu diesen zu führen. Alle Athembewegungen einer Art, von so vielen Nerven sie auch ausgeführt werden, geschehen zu gleicher Zeit; sie müssen eine gemeinschaftliche Ursache haben. LEGALLOIS hat bewiesen, dass diese Ursache in der Medulla oblongata residirt. Siehe oben Bd. I. p. 331. Das von der Medulla oblongata getrennte Rückenmark unterbricht diesen Einfluss zu allen unter dieser Stelle vom Rückenmarke entspringenden Athemnerven; jede über dem Ursprunge des 4. Halsnerven stattfindende Verletzung des Rückenmarkes hebt den Antheil des

N. phrenicus an den Athembewegungen auf. Der Antheil des Vagus an dem Athmen bleibt, so lange sein Ursprung von der Medulla oblongata nicht betheiligt ist; durchschneidet man ihn, so ist die Bewegung der Stimmritze gehemmt (siehe oben p. 338.). Aber die Quelle aller gleichzeitigen Athembewegungen ist mit der Verletzung der Medulla oblongata zerstört, dahingegen die Verletzungen der vor der Medulla oblongata liegenden Hirnthteile die rhythmischen Athembewegungen nicht aufheben. Die Ursache der rhythmischen Affection aller dieser Nerven, die sonst auch der willkührlichen Bestimmung fähig sind, liegt also in der Medulla oblongata, mögen die einzelnen nun vom Gehirn oder Rückenmark entspringen. Wie soll man sich diesen Rhythmus vorstellen? Besteht er in einer einzigen periodisch wirkenden Erregung der Inspiratoren, oder in zweien auf einander folgenden und abwechselnden Erregungen zuerst der Inspiratoren, dann der Expiratoren? Das Problem würde einfacher seyn, wenn nur das Erstere stattfände. In der That besteht das gewöhnliche Athmen eines ganz ruhigen Menschen, in sofern es durch lebendige Bewegungen hervorgebracht wird, nur aus periodischen Inspirationen durch das Zwerchfell, die Brustmuskeln und Kehlkopfmuskeln. Die Expiration geschieht dabei durch die Elasticität und das von selbst erfolgte Senken der vorher ausgedehnten und erhobenen Theile. Der Druck der Muskeln, z. B. der Bauchmuskeln, hat hierbei Antheil; aber vielleicht nur so viel, als der beständige Druck dieser Muskeln auf die Baueingeweide beträgt, welche dadurch zurückgedrängt werden und das Zwerchfell mit Verengerung der Brusthöhle heben. Zuweilen, wenn das Einathmen abrupt und plötzlich aus innern Ursachen erfolgt, bleibt sich das Ausathmen doch gleich, und erfolgt allmählig wie gewöhnlich. Indessen tritt jedenfalls bei jedem häufigern und heftigern Athmen in gereizten Zuständen eine active Bewegung der Expiratoren ein, und der in der Medulla oblongata bewirkte Rhythmus der Athembewegungen hat also dann zwei verschiedene Momente, wie der Herzschlag; bei den Fröschen hat der Rhythmus des Athmens sogar regelmäßig drei Momente (siehe oben Bd. I. p. 163.), während ihr Herzschlag vier Momente von der Bewegung der Hohlvenen bis zur Bewegung des Bulbus aortae hat. Drückt man das bisher Entwickelte in physiologischen Termen aus, so findet bei dem Athmen in der Medulla oblongata eine periodische Entladung und Bewegung des Nervenprincips nach allen Inspiratoren, und bald darauf wenigstens häufig eine Bewegung des Nervenprincips, sey es Strömung oder Schwingung, nach den Expiratoren statt. Die Untersuchung über die Ursachen dieser Bewegung betrifft zwei Fragen:

1. Was erregt die Medulla oblongata zu den Entladungen des Nervenprincips nach den respiratorischen Nerven beim geborenen Menschen, da sie beim Fötus nicht stattfinden? Die Untersuchung über diesen Gegenstand ist schon früher Bd. I. p. 337. geführt. Entweder liegt die erregende Ursache in Empfindungen, welche von den Athemorganen ausgehen und durch den Vagus eine Impression auf die Medulla oblongata machen, oder

sie liegt in dem Eindrücke des arteriellen Blutes auf diesen so höchst reizbaren Theil des Nervensystems. Dass die Empfindung der atmosphärischen Luft in den Lungen, und das in den Lungen empfundene Athembedürfniss weder beim ersten Athmen, noch später die Ursache seyn kann, geht aus den von mir angestellten Versuchen hervor, wo ich diese Empfindungen beim Kaninchen durch Durchschneidung des N. vagus auf beiden Seiten, durch Durchschneidung auch des höher entspringenden Ramus laryngeus superior auf beiden Seiten, ja durch gänzliche Ablösung des Kehlkopfes unmöglich machte, und der Rhythmus der Athembewegungen viele Stunden bis zum Tode des Thieres fort dauerte. Die Theorie von KIND, dass hingegen der Reiz der atmosphärischen Luft auf die Hautnerven, der auf das Rückenmark geleitet werde, das Athmen als Reflexionsbewegung erzeuge, ist nicht sehr wahrscheinlich. Ein von der Haut ganz befreiter Frosch athmet ungestört fort. Ein Frosch athmet gleich gut mit dem Kopfe in der Luft, mag die Haut seines Körpers von Wasser oder Luft umgeben seyn. Wäre der Hautreiz von Wasser zur Incitation der Athembewegungen hinreichend, so müsste auch der Fötus der Säugethiere im Uterus Athembewegungen machen. Es ist daher offenbar, dass die Ursache des ersten wie fernern Athmens eine solche ist, welche auf den Fötus nicht wirken konnte und nach der Geburt sogleich auf das Kind wirkt, und diese Ursache liegt nicht in dem Empfindungsreize der atmosphärischen Luft weder auf die Lungen, noch auf die Haut. Sie kann keine andere seyn als das arterielle Blut, welches bei dem ersten Eindringen der Luft in die Athemwerkzeuge entsteht, und in weniger als einer Minute schon bis zum Primum movens aller Athembewegungen im Gehirne, zur Medulla oblongata gelangt und diese zu Entladungen des Nervenprincips in die von ihr abhängigen Bahnen der respiratorischen Nerven erregt. Dass diess die fortdauernde Ursache der Athembewegungen während des ganzen Lebens ist, ergiebt sich sehr schön aus den von mir angestellten Versuchen mit Fröschen, die ich einige Stunden in Wasserstoffgas athmen liess, wobei sie nach einiger Zeit zu athmen aufhörten, obgleich sie noch lebten. Ihre Athembewegungen treten anfangs wieder auf kurze Zeit ein, wenn man sie rüttelt in dem verschlossenen Gefässe, später werden die Thiere scheintodt. Nimmt man sie nach 2—3 Stunden aus dem Gefässe an die atmosphärische Luft heraus, so scheinen sie wie vollkommen todt; keine Spur von Bewegung oder Empfindung ist an ihnen zu bemerken. Man lege nun ihr Herz bloss. Schlägt es gar nicht mehr, so leben sie auch nicht mehr an der atmosphärischen Luft auf. Schlägt es noch, wenn auch in sehr grossen Pausen, von $\frac{1}{2}$ —1 Minute, so lasse man den Frosch nur liegen; er lebt in der Regel wieder auf, ohne alle Reizung von aussen, als die allmähliche Oxydation des Blutes in den Lungengefässen, deren Mangel die Ursache des Scheintodes war. Das mit Oxygen geschwängerte Blut kömmt, so schwach und so selten die Herzschläge auch seyn mögen, doch zuletzt wieder ins Gehirn, zur Medulla oblongata; die Medulla oblongata fängt wieder an das Nerven-

princip auszuströmen. Die ersten Spuren des Wiederauflebens zeigen sich an dem ganz ruhig in der atmosphärischen Luft liegenden Frosch daran, dass er auf Kneipen der Haut die Extremitäten einzieht; nach einiger Zeit sieht man ihn von Zeit zu Zeit athmen, und nach einigen Stunden sitzt er frisch wieder da. Also die Ursache der ersten und dauernden Erregung der Medulla oblongata zur Entladung des Nervenprincips nach den respiratorischen Muskeln ist das arterielle Blut.

2. Was ist der Regulator des Rhythmus der Athembewegungen? Die Incitation der Medulla oblongata durch das arterielle Blut ist continuirlich, und wenn auch das Blut, isochronisch mit dem Herzschlag, mit stärkerem Impuls in die kleinen Arterien strömt, so steht doch diese stossweise verstärkte Bewegung in keinem Verhältnisse mit den Perioden der Athembewegung. Wie geht nun die beständige Erregung der Medulla oblongata in die periodische Bewegung des Nervenprincips von dieser aus über? Die Frage scheint anfänglich auch durch eine ähnliche Supposition löslich, wie bei den automatischen Bewegungen des organischen Systems. Befindet sich in der Medulla oblongata irgend eine Isolation, wodurch das sich dort entwickelnde Nervenprincip aufgehalten wird, sich in dem Maasse zu entladen, als es durch die Wirkung des arteriellen Blutes auf die Nervensubstanz verbunden wird, so wird sich dasselbe bis zu dem Momente anhäufen, wo es die Isolation durchbricht und in die respiratorischen Nerven übergeht. Eine andere Lösung der Frage würde sich auf die Thatsache gründen, dass entweder die Fähigkeit eines Nerven, einen Strom oder eine Schwingung des Nervenprincips zu leiten, oder die Fähigkeit der Muskeln, dem vorhandenen Nervenimpuls zu gehorchen, eine begrenzte ist und nach einer gewissen Zeit so lange aufhört, bis sich diese Fähigkeit durch den Lebensprocess in den Capillargefässen wieder hergestellt hat. In den Muskeln der Extremitäten ist diese Fähigkeit offenbar viel grösser, als in den Muskeln, welche dem Athmen dienen; wir sehen diess an der Dauer der willkührlichen Bewegungen. Wir können sehr lange stehen, ein Gewicht tragen, aber nur kurze Zeit einathmen, nur kurze Zeit ausathmen. Wollen wir das Eine oder Andere länger fortsetzen, so fühlen wir die Grenze der willkührlichen Anstrengung. Jede Muskelbewegung kann aber die längste Zeit fortgesetzt werden, wenn sie mit anderen Bewegungen abwechselt. Es fehlt hier nicht an dem Nervenprincip, denn es wird zu anderen Bewegungen verwandt; es fehlt entweder an der Leitungsfähigkeit der Nerven oder Contractionskraft der Muskeln, wovon die eine oder die andere oder beide vielleicht durch die Bewegung erschöpft werden. Die regelmässige Aufeinanderfolge von Einathmen und Ausathmen, die regelmässige Folge von 3 Momenten bei den Fröschen deuten ziemlich deutlich an, dass weder die erste, noch die zweite Erklärungsart hinreicht, dass vielmehr in der Medulla oblongata eine unbekannte Ursache bewirkt, dass nach jeder Bewegung des Nervenprincips nach den Inspiratoren, jedesmal die Bewegung desselben nach den Expiratoren erfolgt, und umgekehrt, so dass die eine Direction, wie beim

Pendel und bei der Wage, die nothwendige Ursache der entgegengesetzten ist. In der That fühlt sich am Ende des willkührlichen langen Einathmens nicht bloss eine Erschöpfung der Athemmuskeln, sondern auch die Nöthigung einer andern Gewalt, welche mit dem Einathmen im Widerspruch steht; und ebenso findet nach langem Ausathmen die Nöthigung zum Einathmen statt, was wir nur momentan durch Erhöhen der einen Kraft aufschieben, aber nicht auf die Dauer aufhalten können. Wäre die Ursache der abwechselnden Bewegung nicht schon in der Medulla oblongata begründet, läge sie bloss in der momentanen Erschöpfung der Nerven und Muskeln, so würden Einathmer und Ausathmer willkührlich von uns zugleich angestrengt werden, zu gleicher Zeit ausruhen, und zu gleicher Zeit wieder thätig werden können. Die Ursache der Abwechselung kann auch nicht in dem Gefühl des Bedürfnisses liegen, die mit Kohlensäure imprägnirte Luft auszutreiben und die reine Luft einzuathmen. Denn nach Durchschneidung des N. vagus am Halse und seines Ramus laryngeus superior auf beiden Seiten, sind alle Athmungsgefühle noch mehr als im Schlafe aufgehoben, und die periodischen Bewegungen dauern doch bei den Thieren fort. Es ist daher in der Medulla oblongata eine unbekannte Ursache vorhanden, welche das beständig sich entwickelnde Nervenprincip, abwechselnd in der einen und andern Richtung, entladet. Man hat wohl daran gedacht, dass die von der Verengerung und Erweiterung der Brust herrührende Verschiedenheit der Völle der Blutgefässe in den grossen Venenstämmen und den Venen des Gehirns die Ursache jenes Rhythmus seyn könne. Vergl. oben Bd. I. p. 338. Indess bewegt man sich bei dieser Hypothese offenbar im Cirkel. Ueberdiess zeigen uns die Fische mit ihren periodischen Bewegungen der Kiemendeckel, welche keinen Druck auf die Venen ausüben können, die vollkommene Unabhängigkeit dieser Impulse von äusseren Einflüssen. Die continuirliche Irritation der Medulla oblongata durch das arterielle Blut geht also durch eine noch unbekannte Ursache in eine periodische abwechselnde Entladung des Nervenprincips nach den Nervenfasern der Inspiratoren und Expiratoren über, wovon die eine Entladung immer die Ursache ist, dass die andere antagonistische eintritt. Empfindungsreizungen in den Respirationswerkzeugen können durch Reflexion von der Medulla oblongata zuweilen Störungen in dieser Folge hervorbringen; so dass z. B. beim Husten mehrere Ausathmungen vorkommen, ohne dass jede derselben ein Einathmen hervorruft. Ausser den gewöhnlichen Athembewegungen treten bei gewissen Zuständen des Nervensystems, namentlich bei der Ermüdung und nach und vor dem Schlafe, zuweilen andere, vom Gehirn abhängige periodische Athembewegungen ein, wie das Gähnen, welches in einem tiefen Ein- und Ausathmen mit Affection des N. facialis besteht, wobei die im Gesicht sich verbreitenden Aeste Contractionen der Gesichtsmuskeln und der Ast zum Musculus digastricus maxillae inf. das weite Oeffnen des Mundes verursacht. Hieher gehört auch das in Nervenaffectionen periodisch eintretende Seufzen, Schluchzen.

Die Athembewegungen sind nicht die einzigen periodischen, zum täglichen Lebensverlauf gehörenden automatischen Bewegungen, die von den Centraltheilen des Nervensystems abhängig sind. Ein anderes Beispiel bieten uns die Augenmuskeln und die Iris im Schlafe dar. Bei dem Schlafenden ist das Auge etwas nach einwärts und aufwärts gestellt, und die Iris sehr eng, obgleich ganz beschattet. Schon vor dem Einschlafen nimmt das Auge diese Stellung an, und dass die Augen sich nach innen stellen, lässt sich deutlich aus der Lage der Doppelbilder erweisen, die der Schläfrige sieht, wenn er sich, im Begriff einzuschlafen, mit der Beobachtung überrascht. Sie liegen so wie beim Convergiere der Augen vor dem Objecte, das Doppelbild des rechten Auges liegt rechts, des linken Auges links. Es ist oben schon bewiesen worden, dass bei der willkührlichen oder unwillkührlichen Bewegung der Augen nach innen jedesmal die Iris verengt wird (Bd. I. p. 663). Beide vom N. oculomotorius abhängige Phänomene treten nun auch im Schlafe zusammen ein. Es tritt daher im Schlafe jedesmal eine automatische Bewegung der Augenmuskeln und der Iris ein, die während des Wachens nur willkührlich hervorgebracht wird. Das Princip der Nerven, während des Wachens auf so viele Functionen vertheilt, wird bei diesem Phänomen einer besonderen Provinz des Gehirns und den Leitern jener Bewegungen zugewendet. Vielleicht rührt indess die Stellung der Augen nach innen beim Einschlafen und die Verengung der Pupille im Schlafe bloss von einem antagonistischen Verhalten der verschiedenen Aeste des N. oculomotorius her, so dass diese Bewegungen deswegen jedesmal eintreten, wenn der Levator palpebrae superioris zu wirken aufhört.

2. Automatische Bewegungen des animalischen Systems mit Typus continens.

Nicht bloss periodisch unwillkührliche Bewegungen des animalischen Systems sind von den Centraltheilen des Nervensystems abhängig, gewisse unaufhörlich thätige Bewegungen, die selten durch Gegendruck eine Unterbrechung erleiden, sind auch von jenen Theilen abhängig. Dahin gehören die Sphincteren des animalischen Systems. Obgleich wir die Action dieser Muskeln willkührlich verstärken können, so sind sie gleichwohl fortdauernd im Schlafe wie im Wachen contrahirt; wir können ihre Thätigkeit nicht willkührlich unterbrechen, es sey denn, dass wir durch ihre Antagonisten einen Gegendruck gegen sie ausüben. Es gehört hieher vorzüglich der Sphincter ani, auch der Sphincter vesicae, so weit nämlich das animalische Nervensystem auch auf diesen Einfluss hat. Die Kraft und die Zusammenziehung dieser Muskeln hängt vom Rückenmarke ab. Verletzungen desselben sind die Ursache ihrer beständigen Erschlaffung und des unwillkührlichen Abgangs der Excremente und des Harns, eine Wirkung, die auch bei deprimirenden Leidenschaften, welche die Kraft des Rückenmarks schwächen, zuweilen eintritt. MARSHALL HALL hat gezeigt, dass der Sphincter ani der Schildkröte noch seine Kraft behält, so lange nicht der untere Theil des Rückenmarkes zerstört ist. Die Wirkung der Sphincteren muss von einer unauf-

hörlichen motorischen Erregung der betreffenden Nerven abhängen. Wir werden jedoch bei der Lehre von den antagonistischen Bewegungen Thatsachen kennen lernen, welche beweisen, dass nicht bloss die Sphincteren, sondern eigentlich alle animalischen Muskeln dieser beständigen motorischen Erregung ausgesetzt sind.

Wir sehen nach den bisher betrachteten Thatsachen theils periodische, theils dauernde unwillkührliche Bewegungen, vom Gehirne und Rückenmarke abhängig. Dasselbe beobachten wir in den Krankheiten dieser Organe; sowohl beständige Contracturen, als abwechselnde, oft sehr regelmässige Zuckungen, beständiges Wanken des Kopfes, Zittern, und die auch in Perioden eintretenden tonischen Krämpfe sind Ausdruck der Zustände dieser Organe. Die Ursachen dieser Typen sind unbekannt, man weiss nur, dass beständige Contracturen mehr bei ganz örtlichen und unveränderlichen Degenerationen beobachtet sind, obgleich jede Degeneration auch periodische Krampfanfälle verursachen kann. Im Allgemeinen kann man sagen, dass fast alle mit Bewegungen verbundene Nervenkrankheiten Anfälle machen, und selbst die Rückenmarksentzündung bewirkt, bei gleich fortschreitender Ursache, ihre tetanischen Krämpfe doch in Anfällen. Diese Erscheinungen, so wie die Perioden der epileptischen Anfälle bei gleichbleibenden Ursachen, scheinen uns zu lehren, dass die Excitabilität der Centralorgane durch dauernde Krankheitsursachen von der dauernden Impression eben so sehr erlischt, wie die Excitabilität der Nerven für Sinneseindrücke durch die damit verbundene materielle Veränderung der Nerven momentan aufhört, und dass die Reactionsfähigkeit gegen Einflüsse in beiden Fällen von der während der Zeit der Ruhe hergestellten Excitabilität abhängt. Phänomene, welche für alle solche gesunde oder krankhafte Symptome typisch sind, sind das Vergehen des Eindrucks eines lange betrachteten farbigen Fleckens und sein Wiedererscheinen, und jene im Sensorium sich täglich erneuende Periodicität des Wachens und Schlafes; denn auch hier hören die Reactionen auf, obgleich die Impressionen fortauern, und die Reactionen erscheinen gegen die fortdauernden Eindrücke von selbst wieder.

III. Antagonistische Bewegungen. Die Muskelbewegungen treten nicht bloss von Zeit zu Zeit, auf die vom Nervensystem aus erfolgenden Entladungen des Nervenprincips ein. Es sind Gründe vorhanden, anzunehmen, dass besonders im animalischen Muskelsystem die leise Contraction der Muskelfasern niemals ganz aufhört und dass sie auch in den sogenannten Zeiten der Ruhe schwächer fort dauert. Man kann diess nicht allein aus der Retraction der durchschnittenen Muskeln des lebenden Körpers ersehen, sondern noch entschiedener aus dem Umstande, dass Muskeln von selbst noch einen bedeutenden Grad von Contraction äussern, wenn nur ihre Antagonisten durchschnitten oder gelähmt sind. Bei der einseitigen Lähmung der Gesichtsmuskeln ziehen die Gesichtsmuskeln der entgegengesetzten Seite von selbst die Gesichtszüge nach ihrer Seite hin. Bei der halbseitigen Lähmung der Zunge wird diese beständig nach der andern Seite

hingezogen. Nach der Exstirpation des mittlern Theiles der Unterkinnlade, wodurch die Muskeln ihre Fixation verlieren, welche das Zungenbein vorwärts ziehen (vorderer Bauch des digastricus, mylohyoideus, geniohyoideus) und welche die Zunge vorwärts ziehen (genioglossus), wird das Zungenbein durch den Stylohyoideus, und die Zunge durch den Styloglossus so kräftig nach rückwärts gezogen, dass die grösste Gefahr der Erstickung entsteht. Man sieht aus allem diesem, dass die ruhige Lage verschiedener Theile unseres Körpers nicht der Ausdruck einer absoluten Ruhe der Muskeln ist, dass vielmehr die verschiedenen Muskelgruppen durch gleiche Gegenwirkung sich das Gleichgewicht halten, und dass jedesmal, wenn die Lage eines Theiles aus seiner mittlern Stellung des sogenannten Zustandes der Ruhe verändert wird, die Bewegung eines der im Antagonismus begriffenen Muskeln oder mehrerer derselben verstärkt wird. Fast an allen Theilen des Körpers giebt es antagonistische Gruppen von Muskeln. An den Extremitäten sind es die Flexoren und Extensoren, die Supinatoren und Pronatoren, die Abductoren und Adductoren, die Rotatoren nach auswärts und einwärts. Häufig sind auch die Bündel der Nervenfasern für diese Gruppen in besonderen Nerven vereinigt. Die Beuger der Hand und Finger werden z. B. vom N. medianus und ulnaris, die Strecker vom N. radialis versehen; die Beuger des Vorderarms sind vom N. musculo-cutaneus, die Strecker vom Radialis mit Nervenzweigen versorgt. Die Strecker des Unterschenkels sind vom N. cruralis, die Beuger vom N. ischiadicus abhängig. Die Musculi peronaei, welche den äussern Fussrand heben, sind vom N. peronaeus abhängig; der Tibialis posticus ist vom N. tibialis versehen. Die Motoren des Fusses und der Zehen nach rückwärts abwärts sind vom N. tibialis, die Motoren des Fusses und der Zehen in entgegengesetzter Richtung vom N. peronaeus abhängig. Die häufig in einer Richtung erfolgenden Krämpfe bei Affectionen des Rückenmarkes, wie der Opisthotonus, Emprosthotonus, und Pleurotonus im Wundstarrkrampf zeigen auch, dass in der Anordnung der Fasern in den Centraltheilen die gleichzeitige Bewegung der Extensoren oder der Flexoren etc. erleichtert seyn muss; wiewohl BELLINGERI'S Ansicht, dass die vorderen Stränge des Rückenmarks der Flexion, die hinteren der Extension dienen, keine erfahrungsmässige Basis hat. Man darf diese Bemerkung jedoch nicht in zu grosser Ausdehnung gelten lassen. Das oben erwähnte Factum von der Vertheilung der Nerven ist nicht allgemein. Zuweilen giebt derselbe Nerve Zweige an Antagonisten, wie der Hypoglossus an die Abwärtszieher des Zungenbeins und an einen Vorwärtszieher desselben; der N. peronaeus an die Musculi peronaei, die den äussern Fussrand heben, und an den Tibialis anticus, welcher ihnen entgegenwirkt. Mit der grössten Leichtigkeit können sich antagonistische Muskeln in ihren Wirkungen verbinden. Die Peronaei und der Tibialis anticus werden zu Hebern des Fusses, wenn sie zugleich wirken. Der Flexor radialis und die Extensores radiales der Hand werden Abductoren der Hand, wenn sie zusammen wirken. Auch hat sich der von RITTER angenommene Gegensatz der Flexo-

ren und Extensoren in Beziehung auf den galvanischen Reiz nicht bestätigt. Vergl. oben Bd. I. p. 602.

Manche Muskeln sind so angelegt, dass sie nur geringe oder gar keine Antagonisten haben; in diesem Falle wirken diese Muskeln auch beständig für eine bestimmte Lage der Theile. So sind viele Muskeln vorhanden, um den Oberschenkel nach auswärts zu rollen, wie die Gesässmuskeln, die Obturatoren, der Piriformis, die Gemelli, der Quadratus femoris; die Rollung des Schenkels nach einwärts ist nur schwach dem Tensor fasciae latae anvertraut. Daher die unwillkührliche Neigung zur Auswärtswendung der ganzen Extremität beim Gehen, Sitzen, Liegen. Muskeln ohne eigentliche Antagonisten sind auch die Sphincteren. Man kann daher die beständige Verschlussung der Oeffnungen durch die Sphincteren allein aus der Thatsache ableiten, dass das Contractionsspiel aller Muskeln auch im Zustande der Ruhe nicht aufhört. Diese Muskeln müssen, ohne dass vorzugsweise nach ihnen ein beständiger Strom des Nervenprincips stattfindet, schon deswegen geschlossen seyn, weil sie eigentlicher Antagonisten ermangeln. Sie öffnen sich, wenn der Inhalt der Blase, des Mastdarms sich angehäuft hat und die dadurch erregte stärkere Zusammenziehung der Wände den Inhalt gegen sie hintreibt. Die Iris, auch ein Sphincter zieht sich beständig im Wachen und noch stärker im Schlafe zusammen. Auch bei gleichem Lichteinflusse im Wachen sieht man beständig die Iris unduliren. Siehe HENLE, *Encyclop. Wörterb. d. med. Wissensch. Art. Gedächtniss*.

Der Antagonismus der Muskelbewegungen ist von grosser pathologischer Wichtigkeit. Durch Aufhebung des Gleichgewichts der Muskelbewegungen können Krümmungen entstehen. Der Klumpfuss z. B., welcher sowohl beim Fötus nach den ersten Monaten der Schwangerschaft, als nach der Geburt entstehen kann, hat in vielen Fällen in dem aufgehobenen Gleichgewichte der Muskeln, welche den innern und äussern Fussrand heben, seine Ursache, und wird auch durch Herstellung dieses Gleichgewichtes oft geheilt. Entweder befinden sich die Muskeln, welche den äussern Fussrand heben, Peronaei, in einem halbgelähmten Zustande; oder die Muskeln, welche den innern Fussrand heben, in lähmungsartiger Contractur. In beiden Fällen muss der äussere Fussrand auftreten und der Fuss durch den Tibialis posticus nach einwärts gezogen werden. Allmählig ändert sich auch die Stellung der Skelettheile in den Gelenken; so dass das Os naviculare in der Regel nach einwärts gewendet wird und der zum Theil entblösste Kopf des Astragalus auf dem Rücken des Fusses eine Hervorragung bildet. Beim Pferdefusse, wo die Ferse hoch erhoben ist und der Fuss auf den Zehen auftritt, sind die Gastrocnemii in straffer Contractur und doch zuweilen atrophisch. Contractur und Atrophie der Muskeln schliessen sich nicht aus. Es giebt eine lähmungsartige Schwäche der Muskeln mit Contractur derselben (siehe OLLIVIER *traité de la moëlle épinière et de ses maladies II. p. 709.*), und wir haben selbst Contractur der Gastrocnemii mit Atrophie derselben verbunden gesehen.

Wenn auch die Verkrümmungen der Wirbelsäule oft ihren

Grund in serophulöser Entzündung der Intervertebralbänder und Wirbel mit Erweichung, Aufschwellung, Eiterung und Substanzverlust ihren Grund haben, so entstehen sie doch noch häufiger durch das gestörte Gleichgewicht der Muskeln des Rumpfes. Dergleichen Skoliosen geben sich z. B. daran zu erkennen, dass keine Zeichen von Rhachitis vorhanden sind und dass die Verkrümmung durch gymnastische Uebungen verbessert wird. Diese Erscheinungen sind also denjenigen analog, welche man bei dem Klumpfuss und Pferdefuss beobachtet. Bei der Vereiterung einer Lunge ist die Lähmung der Brustmuskeln auf dieser Seite nur scheinbar. Die Brust hebt sich hier nicht, weil die Lunge nicht ausgedehnt werden kann.

IV. *Reflexionsbewegungen.*

Die Natur der Reflexionsbewegungen ist bereits im ersten Bande (p. 688.) ausführlich erläutert; es gehören hieher alle Bewegungen, welche auf ursprüngliche Erregung von Empfindungsnerven entstehen und wo die Vermittelung der centripetalen und centrifugalen Strömung durch das Gehirn und Rückenmark entsteht. Man kann zwei Hauptgruppen dieser Phänomene unterscheiden.

A. *Reflexionsbewegungen des animalischen Systems.*

Hieher gehören die Reflexionsbewegungen der von Gehirn- und Spinalnerven versehenen Muskeln, mag nun die centripetale Erregung in den animalischen oder organischen Nerven, z. B. in der äussern Haut oder im Darmcanal, entstanden seyn. Der Husten von Reizung der Schleimhaut der Lungen und des Kehlkopfes; das Erbrechen von Reizung der Schleimhaut des Schlundes, Magens, Darms; das Harndrängen und der Stuhlzwang, so weit sie mit ausgebreiteten Muskelbewegungen verbunden werden, von Reizung der Schleimhaut der Urinblase, des Mastdarms; das Niesen von Reizung des Sehnerven und der Nasennerven; die Bewegung der Iris von Reizung des Sehnerven; die Zusammenziehung des Schlundes von der Berührung der Schleimhaut desselben, und so viele, ja unzählige Phänomene, die früher bei der Lehre von den Reflexionsbewegungen ihre Erklärung gefunden, gehören hieher. Desgleichen jene Menge der sogenannten sympathischen Krämpfe in Krankheiten, die Empfindungsreizungen bewirken, und jene so leicht und von so vielen Orten aus erregbare Convulsibilität der Kinder, der Weiber etc. Die Reflexionsbewegungen auf Empfindungsreize sind meistentheils vorübergehende oder auch anhaltende Zusammenziehungen der willkührlichen Muskeln. Bei einem hohen Grade der Irritation des Rückenmarkes durch Empfindungsreize können die unwillkührlichen Reflexionsbewegungen der willkührlichen Muskeln auch schnell wiederholte rhythmische Contractionen seyn. So z. B. das Zittern bei Application der Moxen, bei langem Aufenthalt im kalten Bade, das eben dann auch erfolgende Zähneklappern. Am merkwürdigsten sind indess in dieser Hinsicht die rhythmischen Contractionen der Dammuskeln nach wollüstiger Reizung der

Genitalien, die rhythmische Austreibung des Samens durch diese Bewegungen. Diess ist um so merkwürdiger, als die Samenbläschen sich nicht rhythmisch, sondern anhaltend wurmförmig zu bewegen scheinen. Durch die letztere Bewegung gelangt der Inhalt ununterbrochen in die Harnröhre; durch die rhythmischen Contractionen des *M. bulbocavernosus* wird der Inhalt in der Harnröhre weiter befördert.

B. Reflexionsbewegungen des organischen Systems.

Hierher gehören die Reflexionsbewegungen der nur unwillkürlich beweglichen Muskeln, mag nun die centripetale, zuerst auf das Gehirn und Rückenmark verpflanzte Erregung von Gehirn- und Rückenmarksnerven oder von Organen ausgegangen seyn, die vom organischen Nervensystem versehen sind. Die hier gehörigen Phänomene sind auch bereits oben Bd. I. p. 716. u. f. in extenso untersucht. Von allen Stellen des Körpers aus kann die Bewegung des Herzens durch Reflexion einer Empfindungsreizung verändert werden, wobei das Rückenmark auch wieder die Mittelsperson spielt. Eine Bemerkung, die wir früher bei dieser Materie nicht gemacht haben, muss jedoch hier hervorgehoben werden. Es handelt sich um den Antheil der Reflexion an dem, was wir Fieber nennen. Diese *Umbra morbi*, welche sich in so vielen Theilen des Körpers ausspricht und doch in der Regel, vielleicht immer einen ganz localen Grund hat, ist nicht allein mit Veränderungen des Herzschlages (und deswegen auch des Pulses) verbunden, sie spricht sich in einem Complex von Symptomen aus, die ihre Verbindung nur durch das Rückenmark finden. Die allgemeine Empfindung der Heftigkeit einer Krankheit, diese *Lassitudo* kann nichts anders als der Ausdruck der Impression seyn, welche eine heftige örtliche Krankheit auf das Rückenmark macht. Die Gefühle der Hitze und Kälte, die Schauer, sind Symptome, welche sich auf den Zustand jenes Organes gründen. Die Veränderung der meisten Absonderungen vom organischen sowohl als animalischen Theil des Leibes kann auch nur in jenen, wenn nicht beide Systeme gleich beherrschenden, aber doch regulirenden Centralorganen ihre Erklärung finden. Dass Delirien dabei vorkommen oder nicht, drückt nur die Stärke der Impression auf die Centralorgane aus. Wenn nun alle diese Erscheinungen von einer örtlichen Ursache ihre Erklärung nicht in den räthselhaften Eigenschaften des Sympathicus, sondern in der bekannten Reflexionsfähigkeit des Rückenmarks und Gehirns finden, so ist auch die bei dem Fieber constante Veränderung des Herzschlags und seine Häufigkeit als Ausdruck der Reflexion zu betrachten. Die örtlichen Affectionen der Gehirn- und Rückenmarksnerven erregen nicht leicht eine solche Impression auf das Rückenmark, die wir Fieber nennen; sie bewirken zwar auch oft Reflexionserscheinungen, z. B. Krämpfe, aber nicht jenen Complex von Erscheinungen des häufigen Herzschlags, der veränderten Absonderungen, Empfindungen und Wärmeerzeugung bis zum Delirium. Dagegen entstehen die Fiebersymptome durch nichts

leichter, als durch eine heftige Veränderung der organisch-chemischen Actionen in den Capillargefäßen irgend eines Theiles, sey es nun Veränderung des Zustandes der Schleimhäute oder Entzündung in irgend einem Organe. Da nun bei diesen Veränderungen das organische Nervensystem nicht allein eine Rolle spielen, sondern noch sicherer die Impression auf das Rückenmark und Gehirn verpflanzen muss, so liegt es sehr nahe anzunehmen, dass die bei dem Fieber von einem Organ aus auf das Rückenmark oder auch zugleich auf das Gehirn verpflanzte und von dort aus weiter reflectirte Impression von einer heftigen Mitleidenschaft der organischen Nerven irgend eines Organes bei Entzündung und anderer Reizung ausgehe. Siehe über Fieber übrigens auch den Artikel Harn.

V. Associirte Bewegungen, Mitbewegungen.

Die hieher gehörigen Phänomene sind auch bereits in der Nervenphysik Bd. I. p. 662. zergliedert worden. Das Eigenthümliche derselben besteht darin, dass der Impuls zu einer an sich willkührlichen Bewegung eine unwillkührliche zugleich hervorruft; wie die Bewegung der Iris mit der Stellung des Auges nach Innen eintritt. Die Association der Bewegungen ist um so größer, je weniger ausgebildet das Nervensystem ist. Durch die Erziehung erst lernen wir den Nerveneinfluss bei der willkührlichen Bewegung auf eine gewisse Summe der vom Gehirn abgehenden Primitivfasern isoliren. Der Ungeschickte macht viele associirte Bewegungen mit einer intendirten willkührlichen. Der Clavierspieler hingegen zeigt uns das andere Extrem, wo die Isolation des Nerveneinflusses auf gewisse Gruppen der Bewegungen den höchsten Grad erreicht hat. Der Mangel der Isolation bedingt im Gesicht den ungebildeten Ausdruck; die Ausbildung derselben hingegen ist zum grossen Theil Ursache der Bestimmtheit, Schärfe und des Ausdrucks der Gesichtszüge. Bewegungen, welche sich leicht associiren, sind theils die gleichnamigen der einen und andern Seite, theils die von demselben Nervenstamme abhängigen. Ein Beispiel der erstern ist die immer gleichzeitige Bewegung der Iris in beiden Augen; selbst im Gesicht und an den Extremitäten ist die Tendenz zu dieser Mitbewegung vorhanden. Die einseitige Bewegung des Augenlides, der Ohrmuskeln ist schwer und manchem unmöglich, und bei der Ausübung schnell aufeinander folgender entgegengesetzter Rotationen mit beiden Armen fühlen wir einen innern Widerstand, der diese Bewegungen beständig stört, so dass sie unwillkührlich in gleichartige Bewegungen beider Extremitäten übergehen.

Einige der merkwürdigsten Thatsachen von Mitbewegung und Antagonismus finden an den Augenmuskeln statt. Die gleichnamigen Zweige der N. oculomotorii beider Augen sind nämlich in einer angeborenen und aus Uebung nicht zu erklärenden Tendenz zur Mitbewegung. Wir können immer nur beide Augen zugleich nach oben, oder beide nach unten, oder beide nach innen drehen, und niemand vermag das eine Auge nach abwärts und zugleich das andere nach aufwärts zu wenden. Da diese

Tendenz zur Mitbewegung von der Geburt an und vor der Erziehung des Gesichtssinnes stattfindet, so kann sie nur in der Organisation der Ursprünge der N. oculomotorii liegen. So auffallend nun die Tendenz zur Mitbewegung in den gleichnamigen geraden Augenmuskeln, welche vom N. oculomotorius versehen werden, ist, so merkwürdig ist der Mangel dieser Tendenz zur Mitbewegung in den geraden äusseren Muskeln beider Augen und in den beiden N. abducentes. Wir können zwar in einem gewissen Grade beide N. abducentes und dadurch die äusseren geraden Muskeln beider Augen zugleich wirken lassen, indem wir die Convergenz der Sehachsen vermindern und die Augen bis zur parallelen Stellung der Sehachsen führen; aber hier ist auch die Grenze; und niemand vermag, bei noch so grosser Anstrengung die Augen zur Divergenz zu bringen. Der Grund davon liegt nicht in der Schwäche der Musculi recti externi, noch in der Art ihrer Insertion, denn diese sind gerade, wie bei den übrigen geraden Augenmuskeln; diese Erscheinung entspringt auch nicht aus der Angewöhnung; denn sie ist auch angeboren und der Neugeborene, obgleich er noch nichts zu fixiren vermag, kann seinen Augen jede Stellung, aber keine divergirende geben. Aus dem Antagonismus des Rectus internus, der vom N. oculomotorius versehen ist, kann die Erscheinung auch nicht erklärt werden. Der Rectus externus eines einzelnen Auges kann durch Wirkung des N. abducens dieses Auge ganz nach aussen stellen; der Abducens des andern Auges kann es auch an diesem Auge allein; aber beide Abducentes können durchaus nicht zugleich die Wirkung ausführen, die jeder einzelne allein ausüben kann. Kurz es ist Thatsache, dass die gleichnamigen Aeste des N. oculomotorius beider Augen eine angeborne Tendenz und Nöthigung zur Mitbewegung haben, und dass diese Tendenz den N. abducentes beider Augen nicht allein fehlt, dass vielmehr die starke Wirkung des einen die Wirkung des andern ausschliesst. Diese prästabilirten Gewalten in beiderlei Nerven sind für die Bewegungen der Augen zum Zweck des Sehens von der grössten Wichtigkeit. Wir wollen einmal die Voraussetzung machen, die Natur hätte statt des N. abducens einen Ast des N. oculomotorius zum Musculus rectus externus gehen lassen, so würde bei der Tendenz zur Mitbewegung in gleichnamigen Aesten der Oculomotorii beider Augen allerdings die Divergenz der beiden Augen so leicht seyn, wie sie es jetzt nicht ist, so leicht, als jetzt die Convergenz ist; aber die gleichzeitige Bewegung beider Augen, des einen nach aussen, des andern nach innen, mit Parallelismus oder Convergenz der Sehachsen, wie wir die Augen bei dem schiefen Blick auf seitliche Gegenstände richten, würde dann nicht möglich seyn. Der Musculus rectus externus des einen Auges wird mit dem Rectus externus des andern Auges die Tendenz zur Mitbewegung haben, gerade so, wie es bei den gleichnamigen Aesten des Oculomotorius beider Augen ist. Beide Augen würden also gleichzeitig entweder nach oben durch den Rectus superior, oder gleichzeitig nach unten durch den Rectus inferior, oder gleichzeitig nach innen durch den Rectus internus,

oder gleichzeitig nach aussen durch den Rectus externus gezogen werden; die Wendung des einen Auges nach innen, des andern nach aussen wäre dann gar nicht möglich. Dass diese Bewegung möglich wird, war ein eigener Nerve der N. abducens nöthig, der keine Tendenz zur Mitbewegung mit dem der andern Seite hat. Nun kann das eine Auge *A* durch den Abducens nach aussen, das andere *B* durch den Rectus internus nach innen bewegt werden. Bei der Tendenz zur Mitbewegung beider Recti interni wird zwar auch in dem Auge *A* eine Tendenz zur Stellung nach innen entstehen; diese wird aber durch die stärkere Wirkung des N. abducens auf *A* überwunden. Diese nothwendige stärkere Bewegung des Musculus abducens fühlen wir in der That bei der mit Anstrengung verbundenen Bewegung eines Auges ganz nach aussen. Diese aus sicheren Thatsachen folgende Theorie erklärt vollkommen die bisher für unerklärlich gehaltene Thatsache, dass der Musculus rectus externus bei allen Wirbelthieren einen eigenen Nerven, den N. abducens erhält. Vgl. JESSEN, *Beiträge z. Erkenntniss d. psychisch. Lebens.* 1831. 183.

Auf diese Art lässt es sich auch erklären, warum der obere schiefe Augenmuskel einen eigenen Nerven, den N. trochlearis, erhalten musste, der gleichfalls nicht die Tendenz zur Mitbewegung mit dem der andern Seite hat. Wir müssen zuerst die Wirkung der Musculi obliqui feststellen. Der Musculus obliquus inferior zieht das Auge nach innen und oben, wie man sich leicht an der Leiche, bei unversehrter Augenhöhle überzeugen kann, wenn man den Obliquus inferior von vorn präparirt und dann gegen seinen Ursprung anzieht. Der Obliquus superior dreht oder rollt das Auge nach unten und etwas aussen. BELL hat diess schon aus Versuchen an Thieren und an Leichen bewiesen. *Untersuchungen des Nervensystems.* p. 153. Bei einem von mir angestellten Versuche, wo ich den Muskel ohne grössere Verletzung von oben blosslegte, ohne dass das Auge von seinem Fettpolster verrückt wurde, und dann den Muskel anzog, sah ich immer das Auge sich im Segment eines Cirkels nach unten und ein wenig nach aussen rollen. Die Auswärtsbewegung ist viel geringer als die Einwärtsbewegung durch den Musculus obliquus inferior. Wirken beide Muskeln zusammen oder zieht man sie zugleich gegen ihre Ursprünge an, so wird das Auge vorgezogen und nach innen gestellt. Der Musculus obliquus superior hat keine Tendenz zur Mitbewegung mit dem der andern Seite, sein Nerve verhält sich in dieser Hinsicht, wie der N. abducens. Bei der Bewegung des einen Auges nach aussen und unten, geht das andere Auge nicht auch nach aussen und unten, sondern nach innen und unten; diess Verhältniss ist angeboren; es beweist, dass die Bewegung des Musculus obliquus superior in einem Auge durch den N. trochlearis die Thätigkeit des Trochlearis des andern Auges ausschliesst. Mit dem Obliquus inferior ist es ganz anders; er stellt das Auge nach innen und oben durch einen zur Mitbewegung geneigten Zweig des N. oculomotorius; diese Bewegung ist bei beiden Augen gemeinschaftlich leicht und erfolgt sogar unwillkührlich im Schlafe. Man

kann diese Stellung des Auges im Schlafe und in Nervenzufällen als den Ausdruck der gleichzeitigen Bewegung aller Zweige der Aeste des N. oculomotorius zu den Augenmuskeln versehen. Die Muskeln sind auch im Zustande der Ruhe ein wenig contrahirt. (Siehe oben p. 81.) Denkt man sich nun alle Aeste des N. oculomotorius zu den Augenmuskeln schwach incitirt, so müssen beide Augen nach innen und oben gestellt werden. Der Rectus superior und inferior halten sich das Gleichgewicht; der Rectus internus zieht es nach einwärts und der Obliquus inferior nach oben und einwärts, und da die gleichnamigen Aeste des N. oculomotorius für beide Augen die Tendenz zur Mitbewegung haben, so ist diese Stellung beider Augen gleichzeitig nach innen und oben. Wir wollen nun wieder den Fall zergliedern, wenn die Natur statt des N. abducens einen Ast des N. oculomotorius zum Rectus externus abgegeben hätte; dann wäre die gleichzeitige Bewegung des einen Auges nach innen und oben, des andern nach aussen und oben, wie sie so oft geschieht, nicht möglich. Der Obliquus inferior des Auges *A* und die gleichzeitige Wirkung des Rectus internus und superior würden das Auge nach innen und oben stellen. Die zur Mitbewegung tendirenden Musculi rectus internus und superior des Auges *B* würden dieses auch nach innen und oben stellen, also die genannte Stellung nicht möglich seyn.

Es war also auch für diese Bewegung ein eigener Nerve, der N. abducens, nöthig, der keine Tendenz zur Mitbewegung mit dem des andern Auges hat. Wirken am Auge *A* Musculus obliquus inferior, Rectus internus und superior und wird es nach innen und oben gestellt, so kann das Auge *B* trotz der gleichzeitigen Bewegungstendenzen dieser Muskeln an diesem Auge durch verstärkte Wirkung des N. abducens nach aussen, und durch Zusammenwirkung des Rectus externus und Rectus superior nach oben und aussen geführt werden. Eben so ist es bei der gleichzeitigen Stellung des einen Auges nach unten und innen, des andern nach unten und aussen. Ist das Auge *A* durch den Rectus internus und Rectus inferior nach innen und unten gestellt, so drehen der zur Mitbewegung geneigte Rectus inferior und der N. abducens das Auge *B* nach aussen und unten. Diese letztere Bewegung wird verstärkt durch den N. trochlearis, der keine Tendenz zur Mitbewegung in dem gleichnamigen des andern Auges hervorruft. Der N. trochlearis gehört übrigens auch zu den physiognomischen Nerven.

Die Mitbewegung der Iris mit der verstärkten Action des N. oculomotorius haben wir schon oben Bd. I. p. 663. erläutert. Wenn die von diesem Nerven abhängigen Muskeln an beiden Augen auch nur schwach unwillkührlich sich zusammenziehen, wie es alle Muskeln im Zustande der sogenannten Ruhe noch thun, so werden beide Augen nach innen und oben gestellt, denn der Rectus superior und inferior halten sich das Gleichgewicht, der Rectus internus und obliquus inf. stellen es nach innen und oben. Diese Action des Oculomotorius ist immer mit der Tendenz zur Mitbewegung in der vom N. oculomotorius kommenden kurzen

Wurzel des Ganglion ciliare und daher mit Zusammenziehung der Iris verbunden. Da der Nervus abducens mit dem der andern Seite keine Tendenz zur Mitbewegung hat und eben so wenig der N. trochlearis, so muss das Auge im Zustande des Schlafes durch die zur Mitbewegung geneigten Muskeln beider Augen nach innen und oben gestellt werden und eben so nothwendig die Iris im Schlafe zusammengezogen seyn. Die willkührliche Stellung der Augen nach innen und nach innen und oben durch Mitbewegung beider Augen, macht auch die Iris zusammengezogen, weil sie sich jedesmal mit der verstärkten Action des Oculomotorius zusammenzieht. Siehe oben Bd. I. p. 663. Der N. abducens steht hingegen mit der Action des N. oculomotorius im Antagonismus. Wird das Nervenprincip dem N. abducens zugewandt; wird auch nur ein Auge nach auswärts gezogen, so wird auch die Iris regelmässig wieder weit und noch mehr, wenn beide Augen bis zum Parallelismus der Sehachsen abgezogen werden.

Auch die organischen Muskeln sind den Gesetzen der Association oder Mitbewegung einigermassen unterworfen. Je mehr Muskeln unseres Körpers willkührlich und je länger sie angestrengt werden, um so mehr tritt eine Veränderung des Herzschlages ein; die dabei erfolgende Häufigkeit des Herzschlages lässt sich nämlich nicht allein aus der Störung des Kreislaufes erklären, wie bereits oben Bd. I. p. 722. mit Gründen bemerkt wurde. Die Bewegung der willkührlichen Muskeln hat auch Einfluss auf die des Darmcanals; je mehr wir die Muskelbewegung versäumen, um so leichter tritt auch ein Zustand der Torpidität im Tractus intestinalis ein, und jedermann ist bekannt, wie vortheilhaft die Muskelbewegungen des animalischen Systems auf die Regelmässigkeit der Bewegungen des Darmcanals und die Regelmässigkeit der Excretionen einwirken.

VI. Bewegungen, welche von Zuständen der Seele abhängen.

Die hieher gehörigen Bewegungen bilden 3 Classen; Bewegungen, die durch blosse Vorstellungen bedingt werden; leidenschaftliche Bewegungen; willkührliche Bewegungen.

A. Bewegungen auf Vorstellungen.

Gewisse Gruppen der Muskeln des animalischen Systems sind beständig in einer Disposition zu unwillkührlichen Bewegungen wegen der Leichtigkeit der Affection ihrer Nerven, oder vielmehr wegen der Reizbarkeit der Hirntheile, von welchen sie entspringen. In diesem Falle befinden sich alle respiratorischen Nerven, den N. facialis eingeschlossen. Diese Reizbarkeit, diese Neigung zu Entladungen zeigt sich schon in dem von Zeit zu Zeit aus inneren Ursachen eintretenden Niesen; aber auch die Zustände der Seele können die Entladung des Nervenprincips nach den Athemmuskeln bedingen. Jeder schnelle Uebergang in den Zuständen der Seele ist im Stande eine Entladung nach diesen Nerven von der Medulla oblongata aus zu bewirken. Das Sensorium wirkt hier gerade so, wie der einzelne Nerve, in dem jede schnelle Veränderung seines Zustandes, auf was immer für eine Art, das Nervenprincip in Thätigkeit setzt (Vergl. p. 62.). Hiernach ist es zu beurtheilen, dass selbst ohne alle Leidenschaft ein so schneller

Uebergang der Vorstellungen, wie er bei dem Eindruck des Lächerlichen stattfindet, jene Entladung bewirkt, die sich dann in den Gesichtsmuskeln und Athemmuskeln äussert.

Hieher gehört auch das Gähnen, insofern es durch die Vorstellung des Gähnens oder durch das Hören oder Sehen des Gähnens veranlasst werden kann. Die Disposition zu den respiratorischen und Gesichtsbewegungen des Gähnens ist nämlich dann schon vorher da gewesen; sie tritt in Erscheinung, indem durch die Vorstellung die Bewegung des Nervenprincips die bestimmte Direction erhält. Auch bei dieser Bewegung wirken die Respirationsnerven und der N. facialis sowohl mit seinen Gesichtsästen, als dem sich über den Musculus digastricus verbreitenden Aste. Plötzlich hervorgerufene Vorstellungen von furchtbaren oder verabscheuungswürdigen Gegenständen erregen, auch wenn sie durch blosse erdichtete Erzählungen hervorgerufen werden, bei reizbaren Menschen zuweilen die Muskelbewegung des Schauders, und dasselbe geschieht zuweilen bei der blossen Vorstellung eines ekelhaften Arzneistoffes; ja die Vorstellung des ekelhaften Geschmacks kann sogar Vomiturition hervorbringen.

B. Bewegungen durch Leidenschaften.

Der respiratorische Theil des Nervensystems ist auch vorzugsweise der unwillkürlichen Bestimmung durch leidenschaftliche Seelenzustände unterworfen. Es bestätigt sich hier wieder, dass jede schnelle Veränderung im Gehirn, welche auf die Medulla oblongata sich fortpflanzt, sogleich den Modus der Athembewegungen, die Wirksamkeit aller Athemnerven mit Einfluss des respiratorischen Nerven des Gesichts verändert. Die Natur der Leidenschaften, welche SPINOZA im 3. und 4. Theil seiner Ethik aufgeklärt hat, wird erst im 6. Buch dieses Handbuchs untersucht werden. Man kann hier nur so viel erwähnen, als zum Verständniss des Folgenden nöthig ist. Der Grund aller Gemüthsbewegung ist nach SPINOZA, dessen unübertrefflicher und von Niemand erreichter Zergliederung der Leidenschaften wir durchaus folgen, das Streben der Seele, einen bestimmten Zustand zu behaupten, und was diesem Zustand gemäss ist, zu erzielen. Wird diese beständig in der Seele vorhandene Affirmation, was ihrem jedesmaligen Zustand nützlich ist, zu behaupten, durch ein Object gefördert, so ist die Gemüthsbewegung Freude, und indem das Object, was so wirkt, was für nützlich und in diesem Sinne gut gehalten wird, bald höherer, bald niederer Art und nach seiner Natur wieder sehr verschieden ist, entstehen verschiedene Leidenschaften, deren Grundzustand allgemein derselbe ist, und welche bloss nach dem Object, welches dem Beharrungsstreben der Seele angemessen ist, verschieden sind. Alle Gemüthsbewegungen oder Leidenschaften dieser Art kann man reizende, incitirende nennen. Wird hingegen die beständig in der Seele vorhandene Affirmation, einen bestimmten Zustand, den sie für nützlich, gut hält, zu behaupten, durch irgend etwas gehemmt, so ist die Gemüthsbewegung Niedergeschlagenheit, und je nachdem das Object, was für gut gehalten wird, verschieden ist, entstehen aus dieser zweiten Grund-

leidenschaft wieder verschiedene Gemüthsbewegungen. Das Streben selbst, das für gut und einem gewissen Seelenzustande für zweckmässig Erscheinende zu erzielen, ist das Begehren, welches wieder nur nach seinen Objecten verschieden ist. Viele Leidenschaften sind zusammengesetzt, theils durch den Kampf mehrerer der obigen elementaren Gemüthsbewegungen, theils durch die Objecte. SPINOZA hat sie sämmtlich nach einer mathematischen Methode analysirt und eine Art Statik der Leidenschaften gegründet, welche uns mit der grössten Bestimmtheit zeigt, was bei einem Menschen in dem Conflict der Leidenschaften geschehen muss, so lange er als bewegt und unfrei gedacht wird. Die kalte Vernunft allein wirkt allen Leidenschaften zugleich entgegen, sie allein affirmirt nur das Vernünftige, der Seelenzustand in der Leidenschaft nur das augenblicklich für zweckmässig, nützlich, für relativ gut Gehaltene, welches in Beziehung auf die Forderungen der Vernunft bald gut, bald auch schlecht seyn kann.

Dass das affective Princip in einer besondern Provinz des Sensoriums residire, von wo aus es seine Wirkungen ausstrahle, lässt sich bei dem Mangel aller Gründe weder beweisen, noch widerlegen. Die Wirkungen erfolgen übrigens nach allen Richtungen der motorischen Leiter, welche je nach dem Zustande der Leidenschaft entweder excitirt oder geschwächt und gar paralysirt werden.

In den excitirenden Leidenschaften erfolgen Spannungen und oft selbst convulsivische Bewegungen, namentlich der von den respiratorischen Nerven und dem N. facialis abhängigen Muskeln. Nicht allein wird das Gesicht verzerrt, auch die Athembewegungen werden bis zum Weinen, Seufzen, Schluchzen verändert. Jede heftige Leidenschaft, von was immer für einer Art, kann Weinen und Schluchzen hervorbringen. Man kann vor Freude, Schmerz, Zorn, Wuth weinen. In den deprimirenden Leidenschaften, wie in der Angst, in der Furcht, im Schrecken sind alle Muskeln des ganzen Körpers abgespannt, indem der motorische Einfluss des Gehirns und Rückenmarkes abnimmt. Die Füße tragen nicht, die Gesichtszüge werden hangend, das Auge starr, der Blick wie gebannt und kaum der ausweichenden Bewegung fähig, die Stimme wird unterdrückt und vergeht. Manche Gemüthsbewegungen sind gemischt, indem die Seele von einer deprimirenden Vorstellung nicht frei werden kann, aber das Selbsterhaltungstreben excitirend wirkt auf Entfernung der bedrängenden Einflüsse. In diesen gemischten Leidenschaften kann der Ausdruck der Abspannung in gewissen Muskeln, namentlich des Gesichts, mit der Thätigkeit anderer verbunden seyn; mögen nun die durch Abspannung gewisser Muskeln frei gewordenen Antagonisten die Gesichtszüge in einer Richtung bewegen oder diese Muskeln selbst convulsivisch bewegt werden. Oft auch, sowohl in den gemischten als in den deprimirenden Leidenschaften, tritt ein Zittern, Beben einzelner Gesichtsmuskeln ein. Die willkührliche Bewegung eines in der Leidenschaft halb gelähmten Muskels wird auch zitternd werden müssen, weil er nicht mehr ganz dem Einflusse des Willens gehorcht. Wir erfahren diess na-

mentlich an den Gesichtsmuskeln, wenn wir sie in einer deprimirenden oder gemischten Leidenschaft bewegen wollen; diese Muskeln zittern dann und auch die Muskeln des Stimmorganes beben, und die versuchte Sprache wird bebend.

Der sensibelste Leiter leidenschaftlicher Zustände ist der N. facialis; es ist der physiognomische Nerve, und sein Umfang nimmt schon bei den Säugethieren in dem Maasse ab, als die Gesichtszüge an beweglichem Ausdruck verlieren. Bei den Vögeln hat er keinen Einfluss mehr auf den Ausdruck des Gesichtes; nur seine in den Zungenbeinmuskeln und im Hautmuskel des Halses sich verbreitenden Zweige sind noch übrig, und die Sträubung der Haut des Halses oder bei einigen Vögeln der Ohrfedern ist der einzige Ausdruck, wodurch er noch leidenschaftliche Zustände darstellt. Ausser dem N. facialis werden die respiratorischen Nerven, sowohl die inneren, wie die Kehlkopfnerve und der Zwerchfellnerve, als die äusseren, der Brust- und Bauchmuskeln, in den Leidenschaften leicht afficirt. Bei stärkeren Gemüthsbewegungen verbreitet sich jedoch die Wirkung auf alle Rückenmarksnerven bis zur unvollkommenen Lähmung und zum Zittern.

Der so äusserst verschiedene Ausdruck der Gesichtszüge in den verschiedenen Leidenschaften zeigt, dass je nach der Art der Seelenzustände ganz verschiedene Gruppen der Fasern des N. facialis in Thätigkeit oder Abspannung gesetzt werden. Die Gründe dieser Erscheinung, dieser Beziehung der Gesichtsmuskeln zu besondern Leidenschaften sind gänzlich unbekannt. Ueber die mimischen Bewegungen siehe HUSCHKE *mimices et physiognomices fragm. ent. physiol.* Jen. 1821.

C. Willkührliche Bewegungen.

Zur Erregung der willkührlichen Bewegung sind nur die animalischen Nerven, die Gehirn- und Rückenmarksnerven fähig. Die Geschichte der Rückenmarksverletzungen zeigt, dass die Spinalnerven bloss dadurch der willkührlichen Bestimmung fähig sind, dass die Fasern der Rückenmarksnerven in dem Rückenmarke aufwärts steigen und in der Quelle aller willkührlichen Bewegungen, der Medulla oblongata, dem Willenseinflusse ausgesetzt werden. Anderseits beweist sowohl der Ursprung der meisten Hirnnerven von der Medulla oblongata und die Möglichkeit, die von anderen Hirnthteilen entspringenden motorischen Hirnnerven bis zur Medulla oblongata künstlich zu verfolgen, so wie die Geschichte der Hirnverletzungen, dass auch die Thätigkeit der motorischen Hirnnerven den Impuls zu willkührlichen Bewegungen von der Medulla oblongata erhält. Siehe oben Bd. I. 842.

Man kann sich vorstellen, dass in diesem Hirnthteile die Fasern aller motorischen Hirnnerven und Rückenmarksnerven explicirt werden. Der Wille setzt diese Faserursprünge, wie die Tasten eines Claviers, in Thätigkeit. Zur willkührlichen Bewegung gehört nur die Erregung einer Strömung oder einer Oscillation in den Ursprüngen einer gewissen Summe von Fasern der Medulla oblongata. Alles Uebrige ist blosser Mechanismus. Der Wille kann nicht bis durch den ganzen Verlauf der Nervenfasern fortwirken; diese vollführen von selbst die motorische

Action bis in die entferntesten Theile. Eine gespannte Saite, ein elastischer Faden gerathen in ihrer ganzen Länge in Bewegung, sobald sie in irgend einem Theile ihrer Länge angesprochen werden. Ebenso ist es mit den Nervenfasern; das in ihnen wirksame Princip hat eine solche Tension, dass die geringste Oscillation des Nervenprincips, in irgend einem Theile der Länge einer Faser erregt, die ganze Faser auf der Stelle in Thätigkeit setzt, und die Bewegung des Muskels am peripherischen oder Muskelende der Faser erfolgt. Also nur die Ursprünge der Gehirn- und Rückenmarksnerven werden von dem Willenseinflusse selbst in Thätigkeit gesetzt. Alles Uebrige ist blosser Mechanismus der motorischen Nervenwirkung. Bei der Zergliederung der willkührlichen Bewegung könnte es also bloss darauf ankommen, zu erklären, wie es kömmt, dass bei der willkührlichen Bestimmung in der Medulla oblongata die Ursprünge der Nervenfasern in Action gerathen; wie es kömmt, dass augenblicklich hier Strömungen oder Oscillationen entstehen. Die Lösung dieser Aufgabe ist bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft und vielleicht immer unmöglich. Das Einzige, was wir thun können, ist, die Thatsache in der grössten Einfachheit hinzustellen.

Man könnte sich vorstellen, dass die willkührliche Bewegung von der Intensität einer im Sensorium bewusst gewordenen Vorstellung vom Zwecke und der Nothwendigkeit ihrer unmittelbaren Ausführung abhängt. Jedesmal, wenn diese Vorstellung ein Maximum der Intensität erreicht hätte, würde dann die zur Erreichung des Zweckes nöthige Bewegung eintreten. Diese Ansicht widerlegt sich leicht; denn dann müsste die Bewegung mit beschleunigter Geschwindigkeit wachsen, wie die Intensität jener Vorstellung zunähme. Man könnte sich ferner vorstellen, die willkührliche Bewegung erfolge jedesmal dann, wenn das Sensorium von der Vorstellung ihrer unmittelbaren Nothwendigkeit zur Erreichung eines Zwecks ganz eingenommen und wenn diese Vorstellung von keiner andern neutralisirt ist; sie erfolge, wenn im Sensorium nichts, als der einzige Gedanke von der unmittelbaren Nothwendigkeit derselben, und durchaus kein Zweites oder Drittes vorhanden ist. Wenn ich sage, ich will jetzt diess oder jenes thun, und ich thue es doch nicht, so ist entweder bloss die Vorstellung des Wollens und nicht das Bewusstseyn der unmittelbaren Nothwendigkeit der Ausführung vorhanden gewesen; oder die Ausführung ist durch irgend etwas neutralisirt worden. Ist aber die absolute Gewissheit von der unmittelbaren Nothwendigkeit einer Bewegung vorhanden und nichts Neutralisirendes da, so entstehe, könnte man sagen, auch nothwendig die zur willkührlichen Bewegung nöthige Strömung oder Oscillation des Nervenprincips. Wollen wäre dann nichts anders, als dass etwas als absolut nothwendig vorgestellt, den Ausschlag des Seelenzustandes giebt, und die entstehende Strömung in der Medulla oblongata wäre dem Senken des Wagebalkens zu vergleichen, dessen Gleichgewicht von dem Gleichgewichte der Actionen der Seele abhängt. Indessen lässt sich leicht beweisen, dass die Bewegung nicht bloss dann eintritt, wenn nur die eine Vorstellung von der absoluten

Nothwendigkeit einer Bewegung und keine andere vorhanden ist. Denn wir sind im Stande, drei und mehr verschiedene Bewegungen, die nicht den geringsten Zusammenhang haben, lange neben einander fortzuführen. Wir lesen, singen, spielen; präpariren und singen und rauchen gar dazu. Dann aber hängt der letzte Grund der willkührlichen Bewegung von keiner Vorstellung eines Zweckes ab; denn die willkührlichen Bewegungen erfolgen schon beim Fötus, ehe irgend ein Zweck vorgestellt wird, ehe eine Vorstellung von dem, was durch die willkührliche Bewegung vollbracht wird, möglich ist; wir müssen uns die Sache durchaus einfacher machen.

Wie werden die ersten willkührlichen Bewegungen beim Fötus veranlasst? Die ganze Zusammensetzung der Zustände, unter welchen bei Erwachsenen willkührliche Bewegungen eingeleitet werden, fehlt hier. Der eigene Körper des Fötus ist hier allein die Welt, welche dunkle Vorstellungen in ihm hervorbringt und auf welche er zurückwirkt. Er bewegt seine Glieder anfangs nicht zur Erreichung eines äussern Zweckes; er bewegt sie bloss, weil er sie bewegen kann. Da indess zur willkührlichen Bewegung eines einzelnen Theiles bei dieser Voraussetzung kein Grund vorhanden ist, vielmehr der Fötus hiernach gleichviel Grund hat, alle seine Muskeln zugleich zu bewegen, so muss irgend eine Ursache bestimmen, dass gerade diese oder jene willkührlichen Bewegungen eintreten, dass jetzt dieser, dann jener Fuss oder Arm angezogen wird.

Die Kenntniss der Lageveränderungen, welche durch bestimmte Bewegungen hervorgebracht werden, wird erst allmählig und durch die Bewegungen selbst erworben; das erste Spiel des Willens auf einzelnen Gruppen der Faserursprüngen der motorischen Nerven in der Medulla oblongata kann daher offenbar noch keinerlei Zweck der Lageveränderung haben; es ist ein blosses Spiel ohne alle Vorstellung von den Wirkungen, welche davon in den Gliedern hervorgebracht werden. Durch diese zwecklose willkührliche Excitation der Faserursprünge entstehen bestimmte Bewegungen, Lageveränderungen, Empfindungen davon; die Excitation gewisser Fasern erregt immer dieselben Bewegungen, Lageveränderungen und ihre zum Bewusstseyn kommenden Empfindungen. Hierdurch entsteht die Verknüpfung gewisser Empfindungen mit gewissen Bewegungen im dunkeln Bewusstseyn. Wird hernach ein gewisser Theil des Körpers von aussen zu einer Empfindung angeregt, so ist schon so viel Erfahrung im Sensorium vorhanden, dass die darauf erfolgende willkührliche Bewegung auch an dem gereizten Gliede sich äussern wird, dass das ungeborene Kind das gedrückte Glied auch bewegt und nicht alle Glieder zugleich reagirend bewegt. Auf diese Art müssen sich die willkührlichen Bewegungen auch bei den Thieren ausbilden. Ein Vogel, der zu singen anfängt, setzt aus einer innern instinctmässigen Nothigung willkührlich die Ursprünge der Nerven seiner Kehlkopfmuskeln in Action; hierdurch entstehen Töne. Durch die Wiederholung dieses Spiels lernt erst der Vogel die Art der Ursache mit der Art der Wirkung

verknüpfen. Der Instinct dieser traumartig und unwillkührlich wirkenden Impulse im Sensorium hat auch beim Menschen gleich anfangs Antheil an der Hervorrufung gewisser an sich willkührlicher Bewegungen. Im Sensorium des neugeborenen Kindes ist eine Nöthigung zu Saugbewegungen der Mundtheile; aber die Ausführung dieser Bewegungen im Einzelnen ist wieder ein ganz willkührliches Spiel. Aus dieser Betrachtung ergiebt sich, dass die willkührliche Excitation der motorischen Nervenursprünge etwas Unmittelbares und Ursprüngliches, mit der Ausbildung des Thieres Gegebenes ist, und dass die Ursache der willkührlichen Bewegungen von keinem vorgestellten Zwecke, wie beim Erwachsenen, abhängig ist.

Wir haben schon aus vielen anderen Thatsachen gesehen, dass das in der Medulla oblongata wirksame Nervenprincip in einem ausserordentlichen Grade von Spannung ist, dass die geringste Veränderung des Status quo das Gleichgewicht der Vertheilung aufhebt und Entladungen hervorbringt, wie sie sich durch Lachen, Niesen, Schluchzen etc. äussern. So lange das Gleichgewicht sich erhält, sind wir zu allen willkührlichen Bewegungen aller Körpertheile gleich geschickt, und das ist der Zustand der Ruhe. Jede Bewegungstendenz, welche von der Seele ausgeht, stört diess Gleichgewicht und bewirkt eine Entladung in bestimmter Richtung, d. h. erregt eine gewisse Summe Fasern des motorischen Nervenapparates.

Der Einfluss des Willens auf die Fasern des motorischen Apparates ist nicht das einzige Factum dieser Art. Die Centraltheile aller Gehirn- und Rückenmarksnerven, auch der sensibeln und der Sinnesorgane, sind der willkührlichen Intention fähig. Es ist für die Theorie der willkührlichen Bewegungen von Wichtigkeit, diese Erscheinungen zu zergliedern. Unsere Sinneserscheinungen sind gewöhnlich mit einer beständigen Mitaction des Willens verbunden. Indem wir eine zusammengesetzte Figur erblicken, prägen wir uns bald diesen, bald jenen Theil derselben lebhafter ein; wir nennen diess Aufmerksamkeit. Wir sehen z. B. eine architectonische Rose, ein Vieleck, dessen Winkel durch Linien verbunden sind. Obgleich nun das Bild dasselbe bleibt, empfinden wir bald diesen, bald jenen Theil der Figur lebhafter, bald sehen wir die Peripherie, bald einzelne Dreiecke, bald Vierecke, welche in das Ganze hineingelegt sind, lebhafter. Diess geschieht nicht bloss, indem wir durch Bewegungen der Augen mit den Sebachsen diese Figuren verfolgen und gleichsam beschreiben, sondern bei unverwandtem Blick prägt die Intention, die Aufmerksamkeit bald diesen, bald jenen Theil der Figur der Anschauung lebhafter ein, während die übrigen zwar empfunden werden, aber unbeachtet bleiben. Durch die Mitwirkung dieser die Gesichtsempfindungen begleitenden Intention kömmt es, dass wir zuweilen aus sehr dunkeln Gesichtseindrücken doch eine ganz bestimmte Gestalt zu erkennen glauben, wobei wir uns oft täuschen. Dasselbe findet beim Gehörsinn statt, und hier ist es noch deutlicher, dass diese Veränderung der Sinneseindrücke durch die Intentio nicht von Muskelbewegungen abhängt. Bei

dem Spiel eines ganzen Orchesters sind wir selten so passiv, dass wir alle Töne, die gleichzeitig gehört werden, bloss nach der Stärke derselben lebhaft empfinden. Im Gegentheil, wir sind im Stande, das Spiel eines schwächern Instrumentes durch die stärkeren Töne der anderen zu verfolgen, wobei wir diese unbeachtet lassen. Sagen uns zwei Personen verschiedenes in beide Ohren, so können wir den Worten des Einen mit Aufmerksamkeit folgen, während wir die des Andern überhören. Was bei einem und demselben Sinnesorgane stattfindet, kann auch bei gleichzeitiger Affection verschiedener Sinnesorgane geschehen. Je nach der Richtung der Intentio übersehen wir etwas, während wir dabei etwas lebhaft hören, und umgekehrt; denn die Intention kann nur ein Object auf einmal lebhaft zur Anschauung bringen.

Diese Zergliederung der Sinnesempfindungen durch die Aufmerksamkeit geschieht häufig ganz unwillkürlich, ohne alle Absicht nach den Gesetzen der Association der Vorstellungen. Allein wir können die Intention auch willkürlich bei den Sinnesempfindungen wirken lassen. Sagen uns zwei Personen zugleich etwas ins Ohr, so hängt es *ceteris paribus* von unserm Willen ab, welche von beiden wir verstehen. Es liegt in unserer Wahl, zwischen gleichzeitig stattfindenden Gesichtsempfindungen, Gehörsempfindungen, Geschmacksempfindungen u. s. w., eine derselben allein lebhaft zu empfinden, während die anderen so dunkle Eindrücke hervorbringen, dass sie nicht zu unserm Bewusstseyn kommen. Und dasselbe findet wieder bei einer einzigen Sinnesempfindung statt; wir können sie willkürlich zergliedern; wir können willkürlich das Spiel der Geige unter dem ganzen Orchester lebhafter empfinden, willkürlich die einzelnen durch das Ganze durchstrebenden Theile der architektonischen Rose lebhafter anschauen. Kurz der Wille wirkt hier eben so stark, wie bei den Bewegungsnerven. Der einzige Unterschied ist nur, dass der Wille bei den Bewegungen die ruhige Nervenfasern excitiren kann, während bei der Mitwirkung des Willens in den Sinneserscheinungen die Empfindung durch die willkürliche Intention nur lebhafter wird.

Die willkürliche Intention ist auch nicht bloss auf Bewegungsnerven und Empfindungsnerven beschränkt; sie wirkt auch bei den Seelenactionen des Sensoriums. Unser Vorstellungsvermögen ist zwar ohne alle willkürliche Direction thätig; die Phantasie producirt, wenn die anderen Seelenäusserungen ruhen, unaufhörlich Gestalten, Bilder farblos, lichtlos, weil sie ohne Empfindung sind; ja diese Bilder werden durch Wechselwirkung mit den Centralorganen der Sinnesorgane selbst leuchtend und farbig. Denn wer sich aufmerksam beobachtet, sieht aus dem Traum erwachend, obgleich wach, zuweilen doch die Traumbilder noch wirklich blasslicht mit offenen Augen, wie ich gar oft mich überzeugt habe und schon SPINOZA einmal an sich beobachtete. Siehe J. MUELLER *über die phantastischen Gesichterscheinungen*. Coblenz 1826. Sind wir auch nicht im Stande während des Wachens willkürlich leuchtende Bilder bei geschlossenen Augen zu produciren, so vermögen wir doch willkürlich unsere Vorstel-

lungen zu dirigiren. Kurz wir sehen, dass die willkührliche Intention vom Sensorium aus nach allen Richtungen auf motorische Nerven, sensorielle Nerven und die Seelenactionen wirkt; die willkührliche Hervorrufung von Actionen ist eben nichts anders, als die spontane, mit Bewusstseyn verbundene Intention des Nervenprincips im Gehirn auf verschiedene Apparate, von deren Natur es abhängt, ob das willkührlich Hervorgerufene eine Bewegung, oder eine lebhaftere Empfindung, oder eine Vorstellung ist. Man kann sich diese willkührliche Intention vorläufig als eine spontane, mit Bewusstseyn hervorgerufene Strömung oder Schwingung des Nervenprincips nach jenen Apparaten vorstellen.

Man kann, wie in Hinsicht der Freiheit des Willens überhaupt, so in Hinsicht der willkührlichen Bewegung auf den Gedanken kommen, dass es gar keine freie Willkühr hierbei gäbe, und das, was man so nennt, nur eine Verkettung von Nothwendigkeiten sey, die kein anderes Endresultat, als das Gewollte haben können. Bald ist es, könnte man sagen, eine Empfindung, bald ein leidenschaftlicher Zustand, bald eine Vorstellung und die Association mehrerer Vorstellungen, die uns Bewegungen so nothwendig ausführen lassen, dass sie gleichsam nur das letzte Resultat dieser Verkettung und so unvermeidlich sind, wie der Schluss aus den Prämissen folgt. Die Leidenschaft kann eine Bewegung bewirken; die Nöthigung zu dieser Bewegung kann, da die Leidenschaft die Seele ganz occupirt, den höchsten Grad erreicht haben, und wenn die Vernunft sie nun widerräth und unterbleiben lässt, so liegt es doch wieder, kann man sagen, in der Verkettung dieser Facta, dass die Bewegung unterbleibt. Was geschieht, könnte man sagen, ist der blosse factische Schluss von dem, was im Bewusstseyn liegt. Kennte man die ganze Entwicklung des Menschen, alle Anteacta vor einer Handlung, alle Einwirkungen vor derselben, die Stärke seiner Leidenschaften und den Grad der Entwicklung der Vernunft-Principien in ihm, so könnte man wahrscheinlich seine Handlungsweise in jedem Moment seines Lebens berechnen. Nach dieser Ansicht wäre die willkührliche Bewegung die von dem selbstbewussten Ich vom Sensorium aus ausgeführte Intention des Nervenprincips auf die motorischen Nerven, deren Direction von der augenblicklichen Bestimmung des Ichs durch irgend einen klar vorgestellten oder verborgen wirkenden Grund abhängt. Eine unwillkührliche Bewegung kann auch ins Bewusstseyn fallen, aber nur nachdem sie geschehen ist, durch die Empfindungen, die sie hervorbringt; hierdurch würden sich willkührliche und unwillkührliche Bewegungen in gleichen Muskeln des animalischen Systems unterscheiden. Da die Art und der Ort der willkührlichen Bewegung nach dieser Ansicht jedesmal von der Bestimmung des Ichs durch irgend einen klar vorgestellten oder verborgen wirkenden Grund abhängt, so scheint diese Ansicht alle Freiheit des Willens aufzuheben und es bliebe nur die Freiheit des Willens im höhern moralischen Sinne, nämlich dass die Seele nicht an und für sich genöthigt ist, den äusseren oder inneren leidenschaftlichen Bestimmungen zu folgen, dass sie vielmehr in dem Grade von der

Vernunft selbst bestimmt werden kann, als das Vernünftige in ihr schon zum Bewusstseyn gekommen ist. Diess ist bekanntlich der Begriff der Freiheit im Sinne SPINOZA's, wie er ihn im letzten Buche der Ethik entwickelt.

Bei der Durchführung dieser Ansicht finden sich grosse Schwierigkeiten. Zu jeder Krümmung eines Wurmes würde ein blosses spontanes Spiel des Nervenprincips nicht hinreichen. Es müsste jedesmal das Sensorium desselben von irgend einem Grunde bestimmt werden, dass dieser und nicht ein anderer Theil der Nerven dirigirt werde, und eben so ist es beim Fötus, dessen im 5. Monate schon beginnende Bewegungen ohne Absicht und ohne Kenntniss der Wirkungen, die sie haben, willkürlich erfolgen. Hier würden also die Gründe, die das Ich bestimmen, bald diesen, bald jenen Theil des Nervenapparates in Thätigkeit zu setzen, ganz unbekannt seyn. Das Einzige, was man sich hier als Veranlassung zur Bestimmung des Ichs für Intention bestimmter Nervenfasern vorstellen könnte, wäre, dass diejenigen Gruppen von Nervenfasern, die eine Zeitlang der Intention nicht ausgesetzt waren, zur Intention am meisten prädisponirt sind. Erwägt man die lebhaften willkürlichen Bewegungen des Neugeborenen, die noch ohne Kenntniss ihres Erfolges geschehen, so muss man alle Gedanken aufgeben, Gründe für die Bestimmung des Ichs zu diesen Intentionen des Nervenprincips nachzuweisen, wenn man nicht etwa eine instinctmässig wirkende Macht auf das Sensorium einwirken lässt, von deren Impulsen die Direction und Folge der vom Ich bewusst intendirten Bewegungen eingegeben werden. Diejenigen, welche dieser Ansicht folgen, können sich darauf berufen, dass jede Fähigkeit zu ihrer Aeusserung in einer bestimmten Art unter vielen möglichen Arten auch bestimmende Gründe nothwendig habe. Es liegt in der Natur einer Pflanze, so und solche Blätter und Stengel zu haben, dass aber das Individuum einer Pflanze seine Aeste so, das andere so treibt, in ungleicher Zahl und Stellung, kann von keiner gesetzlosen Spontaneität, sondern nur von bestimmten inneren Ursachen, die im Fortschritte der Entwicklung zum Vorschein kommen, abhängen.

Bleibt man bei der Ansicht, dass das Princip der willkürlichen Bestimmung im selbstbewussten Ich gelegen, proteusartig ohne Grund und äussere Bestimmung jede Bewegung intendiren kann und nur deswegen auch auf veranlassende Ursachen bestimmte Bewegungen hervorruft, weil es eben jede Bewegung aus sich selbst hervorrufen kann, wie der gewöhnliche Begriff der Willkühr ist, so sind alle jene Schwierigkeiten abgeschnitten; aber damit ist auch der Versuch einer wissenschaftlichen Erklärung aufgegeben.

Die Bestimmung der Quantität des Nerveneinflusses bei der willkürlichen Bewegung, oder die Stärke der Oscillation und die Stärke der Bewegung hängen von denselben Ursachen, wie die Bestimmung der Oertlichkeit der willkürlichen Bewegung ab. Beide haben eine gewisse Grenze. Am leichtesten ist die willkürliche Bewegung ganzer Muskelgruppen (obgleich bei der An-

strengung vieler Muskeln zugleich auch die Kraft früher erschöpft), und man kann im Allgemeinen sagen, dass eine willkührliche Bewegung um so schwieriger auszuführen ist, je weniger Nervenfasern dabei wirken sollen und je kleiner der bewegte Theil seyn soll. Das Nervenprincip setzt viel leichter viele Nervenfasern, als wenige in Thätigkeit; daher die Leichtigkeit der Mitbewegungen. Viele Menschen sind nicht einmal im Stande, einzelne Gesichtsmuskeln, einzelne Abzieher oder Anzieher der Finger, einzelne Ohrmuskeln zu bewegen; sie können es nur, wenn sie andere Muskeln mitbewegen. Dagegen sind alle im Stande, die einzelnen Bäuche des Flexor sublimis und profundus der Finger zu bewegen. Ob wir einzelne Strecken eines langen Muskels für sich willkührlich in Thätigkeit setzen können, ist sehr zweifelhaft. Die Localisation der Einwirkung des Nervenprincips bei dem willkührlichen Einfluss ist hier jedenfalls viel geringer, als bei gelegentlichen unwillkührlichen Reizungen. Aus inneren Ursachen zuckt oft eine ganz kleine Strecke eines Muskels, z. B. des Biceps brachii. Diess kömmt bei willkührlichen Bewegungen nie vor. Durch vielfache Uebung nimmt unser Vermögen die Intention des Nervenprincips auf einzelne Gruppen von Nervenfasern zu isoliren zu; und je häufiger gewisse Nervenfasern die Strömungen oder Oscillationen des Nervenprincips aus willkührlichen Bestimmungen erfahren, um so mehr bildet sich ihre Fähigkeit zur isolirten Wirkung, wie beim Clavierspielen u. dgl. aus. Nach oft wiederholter Bewegung einzelner Muskeln in kurzer Zeit tritt jedoch ein Hinderniss ein und es entsteht auch bei dem Geübten ein Ungeschick, so wie die Kraft unserer Bewegungen durch unterbrochene Anstrengungen verstärkt wird, aber nach jeder grossen Anstrengung für kurze Zeit scheinbar abnimmt. Die Erklärung dieser Phänomene ergiebt sich aus den Bd. I. p. 52. angestellten Betrachtungen. Die Irritation des Nerven und Muskels verändert seinen Zustand und macht ihn augenblicklich ungeschickt, wie die Retina für einen längern Eindruck unempfindlich wird, in dem Maasse, als sie dadurch materiell verändert wird. Aber die Intention des Nervenprincips auf bestimmte Fasergruppen ist auch die Ursache, dass diese gerade vorzugsweise während der Ruhe sich restauriren und an Reaktionskraft zunehmen. Abwechselung von Ruhe und Anstrengung ist daher das Geheimniss, wodurch wir unsere Organe für die Anstrengung stärken. Dagegen Muskeln und Nerven, denen die Intention des Nervenprincips sehr selten zu Theil wird, wie die Ohrmuskeln, an Bewegungsfähigkeit auch verlieren.

Die Frage, warum die dem N. sympathicus unterworfenen Theile dem Willen entgegen sind, ist schon in der Nervenphysik Bd. I. p. 721. untersucht und ebendasselbst sind auch die Thatsachen erörtert worden, welche beweisen, dass willkührliche Entladungen des Nervenprincips nach den willkührlichen Muskeln nicht ganz ohne gleichzeitigen Einfluss auf die unwillkührlichen sind. Die Bewegung der Iris mit gewissen Stellungen des Auges, die Häufigkeit des Herzschlages bei langer Anstrengung von vielen Muskeln und der wohlthätige Einfluss der Körperbewegungen auf die Bewe-

gungen des Darmcanals sind Beispiele, die p. 722. erläutert worden sind.

Sehr gewohnte Bewegungen erfolgen zuletzt bei der geringsten Intention, wie die mimischen Bewegungen der Hände beim Sprechen. Aus allem diesem folgt, dass sich die Leitungsfähigkeit der Nervenfasern mit der Häufigkeit ihrer Erregung ausbildet. Daher dunkle Vorstellungen ohne deutliches Bewusstseyn oft ganz bestimmte und zweckmässige Bewegungen hervorrufen, wenn sie nur öfter in dieser Folge dagewesen sind.

II. Capitel. Von den zusammengesetzten willkührlichen Bewegungen.

Wir verstehen hierunter alle Verbindungen von Bewegungen zu bestimmten Gruppen unter Mitwirkung des Seelenorganes. Die im vorigen Capitel abgehandelten Arten der Bewegung können hier als Elemente in die Zusammensetzung eingehen. Namentlich gehören hieher die gleichzeitigen Reihen der willkührlichen Bewegungen nach mehreren Reihen von Vorstellungen, die Associationen der Bewegungen und der Vorstellungen mit den Bewegungen, die instinctartigen Bewegungen, die coordinirten Bewegungen bei der Ortsveränderung.

1) Gleichzeitige Reihen von Bewegungen.

Die willkührliche Bewegung für einen gewissen Zweck kann an den verschiedensten Theilen des Körpers zugleich stattfinden; aber es können auch willkührliche Bewegungen für ganz verschiedene Zwecke zugleich ausgeführt werden. Es schreibt einer und raucht zugleich; man liest die Noten unter Bewegungen der Augenmuskeln, sowohl die für den Gesang, als die für das Spiel, und singt und spielt zugleich. Wie soll man sich die Gleichzeitigkeit dieser Thätigkeiten erklären? Sind wir in der That im Stande, verschiedene Reihen von Vorstellungen, die keinen Zusammenhang haben, zu gleicher Zeit zu verfolgen, oder kann zu einer Zeit immer nur eine Vorstellung ins Bewusstseyn fallen, und entsteht eine so zusammengesetzte Action, wie das scheinbar gleichzeitige Notenlesen, Singen und Spielen, doch durch ein beständiges schnelles Abspringen der Intention auf die verschiedenen Reihen von Acten, die zu jener Action gehören? Das Erste ist, zu erfahren, ob überhaupt die Seele zwei Reihen von Vorstellungen nebeneinander verfolgen kann. Wenn sie diess kann, so werden auch die zweckmässigen Bewegungen beiden entsprechend hervorgebracht werden können. Die willkührliche Bewegung verschiedener motorischer Apparate, z. B. der Stimmuskeln und der Finger zugleich, hat überhaupt keine Schwierigkeit der Erklärung. Denn es ist gleich, ob mehrere zugleich bewegte Muskeln an einem und demselben Gliede liegen oder sehr entfernt von einander sind; in beiden Fällen ist die Intention des Nervenprincips auf eine gewisse Summe von Nervenfaserausstritten gerichtet. Die Schwierigkeit liegt darin, zu entscheiden, ob die zwei Reihen von Vorstellungen als Ursachen der Intention der

Nervenfasern zugleich stattfinden können. Ein einfaches Beispiel zur nähern Zergliederung ist das gleichzeitige lebhaftes Durchdenken einer Angelegenheit bei einem damit gar nicht in Verbindung stehenden Gang. Wir wollen Jemand besuchen, sind auf der Strasse so vertieft in anderen Gedanken, dass wir die Begegnenden nicht einmal bemerken und die Grüssenden nicht sehen, und doch kommen wir an dem Orte an, an den wir uns gleich anfänglich begeben wollten. Während der Vertiefung in einer besondern Reihe von Gedanken folgten wir doch zugleich der Reihe von Bildern der Häuser und Strassen, durch welche wir uns fast unbewusst in Hinsicht der aufzusuchenden Wohnung orientirten.

Das beste Beispiel zur Auflösung dieser Frage liefert aber der Unterricht in den Bewegungen. Hier sind sie noch so langsam, ihre Verbindung noch so schwer und ungeschickt, dass wir die Natur bei ihrem Vorgange belauschen können. Soll ein Anfänger im Spiel der Guitarre oder des Claviers zugleich singen und spielen, so sieht man deutlich, dass er die Gesangs- und Spielnoten nicht zugleich lesen kann. Ist die Gesangsnote aufgefasst und soll sie gesungen werden, so fehlt oft noch die Claviernote und das Spiel des Claviers stockt, während der Gesang bereit ist und umgekehrt. Es liegt hierbei weniger am Lesen, als am Transponiren des Gelesenen in Bewegungsideen. Jede Note wird in unserm Sensorium zur Bewegungstendenz dieser oder jener Muskeln der Finger und des Kehlkopfes transponirt, und neben diesen zweien gleichzeitigen Reihen von Transpositionen der gelesenen Noten in Bewegungsintentionen, läuft noch die dritte nebenher, die Umsetzung der gelesenen Wörter in Bewegungsintentionen für die Sprachwerkzeuge. Die letztere macht uns keine Schwierigkeit beim Gesange, weil wir darauf von Jugend auf eingeübt sind; aber die Schnelligkeit der ersteren Transpositionen wird erst durch Uebung erlangt. Aus dem vorher erwähnten Beispiel sieht man sehr deutlich, dass die von mehreren Vorstellungen abhängigen willkürlichen Bewegungen zwar gleichzeitig ausgeführt, aber nicht gleichzeitig concipirt werden können. Auch der Geübte liest fast mit Blitzesschnelligkeit dann die Gesangsnoten, dann die Musiknoten; dadurch entsteht die Vorstellung von ihrem Zeitverhältniss zu einander, und die nun im Sensorium entstandene Transposition in Bewegungsintentionen wird dann gleichzeitig ausgeführt. Man könnte einwerfen, dass da zur verschiedenen Ausdauer der den zweierlei Noten entsprechenden Bewegungen die volle Erinnerung an ihren Werth gehöre, während sich das Sensorium schon mit den folgenden Noten beschäftigt, also das Sensorium zweierlei Dinge zugleich im Gedächtniss festhalten und ein drittes concipiren könne, auch die gleichzeitige Conception von mehreren Bewegungsreihen, die von verschiedenen Vorstellungen abhängig sind, zugleich möglich seyn müsse. Dieser Einwurf ist jedoch nur scheinbar richtig; denn die Ausdauer einer Bewegung, dem Werthe einer Note entsprechend, erfordert keine Intention des Sensoriums; es wird vielmehr hierbei jede Bewegung so lange

fortgeführt, bis sie durch eine neue Bewegungsintention, die durch eine gelesene Note erfordert wird, abgebrochen wird. Die Gleichzeitigkeit der verschiedensten Bewegungen hat, um es nochmals zu sagen, gar keine Schwierigkeit; denn es ist nicht schwerer, Kehlkopfs- und Fingermuskeln zugleich zu bewegen, als mehrere Armmuskeln zugleich zu bewegen; aber die Conception dieser Bewegungen aus verschiedenen Reihen von Vorstellungen kann, wie es scheint, nur hinter einander, wenn auch mit Blitzesschnelligkeit, geschehen. Wir kommen jetzt auf das früher erwähnte Thema zurück. Wir gehen in Gedanken vertieft durch viele verschlungene Strassen zu einem Freunde; unterwegs sind wir so vertieft, dass wir auf nichts achten, das Grüssen vergessen oder den Grüssenden nicht bemerken, und zuletzt treffen wir an der bewussten Stelle ein, ohne dass wir wissen, wie wir, innerlich leidenschaftlich bewegt, oder in Gedanken vertieft, dahin gekommen sind. Die willkürliche Ortsbewegung allein, diese beständig angeübte Abwechselung von Beugungen und Streckungen kann, da sie eine einfache rhythmische Wiederholung zweier Bewegungen ist, einmal eingeleitet, so gut wie eine einzige Bewegung anhaltend neben einem beständigen Gedankenwechsel fortgesetzt werden. Schwieriger ist einzusehen, wie wir uns durch die viel verschlungenen Strassen orientiren und in gleicher Zeit einem innern Gedankenwechsel folgen. Diess lässt sich jedoch sehr gut aus kleinen Absprüngen von dem einen zum andern Thema erklären. Die Gesetze der Ideenassociation kommen hierbei vielfach in Betracht. Sind zwei Reihen von Vorstellungen beide von gleich geringem Interesse, so kann man leicht von der einen zur andern wechselseitig übergehen oder durch eine dritte Vorstellung ganz davon abkommen. Ist aber eine Reihe von Vorstellungen im Sensorium herrschend, z. B. in einem leidenschaftlichen Zustande, so kann zwar jede neue, durch die Sinne angeregte Vorstellung uns auf Augenblicke von der herrschenden Reihe abbringen; aber das Sensorium kehrt nach jeder Unterbrechung doch immer leichter zu dem Grundthema zurück, als es zu entfernten Associationen abgeführt wird.

2) Association der Bewegungen und Vorstellungen.

Die Schnelligkeit und Reihenfolge der Bewegungen wird durch die Häufigkeit gefördert. Diess ist, was wir Uebung nennen. Wer nicht geübt ist, kann nicht mit grosser Schnelligkeit in beständigem Wechsel dieselbe Bewegung abbrechen und wieder erneuern, oder zusammengesetzte Bewegungen regelrecht vollführen. Aus der Thatsache der Uebung folgt, dass, je häufiger das Nervenprincip in gewissen Fasern in Schwingung gesetzt wird, um so leichter diese Schwingung oder Strömung wird. Nach einer gewissen Zeit wird zwar auch ein geübter Arm müde, obgleich jetzt die Bewegung des Nervenprincips oft wiederholt worden, weil nämlich durch die Action für den Augenblick eine materielle Veränderung in den Nerven erfolgt. Aber die so angestregten Glieder ersetzen auch vor den anderen ihre Verluste wieder, und die erhaltenen Theile sind zufolge der stattgefundenen

häufigen Strömungen oder Schwingungen des Nervenprincips in gewissen Fasern nun viel geneigter zu denselben Bewegungen.

Die Gesetze der Association der Bewegungen sind schon so oft erläutert worden, dass sie sehr allgemein auch in den ärztlichen Schriften bekannt sind. DARWIN hat sich besonders damit beschäftigt. DARWIN, *Zoonomie*. Leipz. 1795. I. Bd. Vergl. REIL, *Fieberlehre*. IV. p. 609. REIL, *von der Lebenskraft*. REIL's *Archiv*. I. BRANDIS *Versuch über die Lebenskraft*. Hannover 1795. Die Association kömmt hier in doppelter Weise in Betracht.

a. Als Association von Bewegungen zu Bewegungen. Man hat früher häufig die Mitbewegungen und die Association der willkürlichen Bewegungen verwechselt. Das Wesentliche der Mitbewegungen, die wir Bd. I. p. 662., Bd. II. p. 85. erläutert haben, liegt darin, dass die willkürliche Intention auf einen Nerven die unwillkürliche auf einen andern hervorruft. Es ist nicht möglich, das eine Auge willkürlich zu erheben, ohne dass das andere derselben Bewegung folgt; es ist nicht möglich, das Auge nach innen zu stellen, ohne dass die Iris enger wird. Der Ungeübte vermag nicht einen einzelnen Finger allein zu strecken. Diese Erscheinungen sind nicht angeübt, sie sind angeboren. Die Mitbewegung ist bei dem Ungeübten am grössten, und der Zweck der Uebung und Erziehung der Muskelbewegungen ist zum Theil, das Nervenprincip auf einzelne Gruppen von Fasern isoliren zu lernen. Das Resultat der Uebung ist daher in Hinsicht der Mitbewegungen Aufhebung der Tendenz zur Mitbewegung. Bei den Associationen der willkürlichen Bewegungen ist es ganz anders. Hier werden durch Uebung Muskeln zur schnellen Folge oder Gleichzeitigkeit der Bewegung ausgebildet, die an sich noch wenig Neigung zu dieser Association haben. Das Resultat der Uebung bei der Association der Bewegungen ist daher gerade das umgekehrte, als bei den Mitbewegungen. Durch Uebung verlieren die Muskeln die angeborne Tendenz zur Mitbewegung; durch Uebung wird die willkürliche Mitbewegung mehrerer Muskeln erleichtert. DARWIN und REIL haben diese ganz verschiedenen Zustände des Nervensystems hier und da verwechselt. Das Gesetz, welches DARWIN p. 49. ausspricht, ist: alle thierische Bewegungen, welche oft zu gleicher Zeit oder in einer unmittelbaren Folge erregt sind, werden so mit einander verbunden, dass, wenn die eine wieder hervorgebracht wird, die anderen eine Neigung haben, diese zu begleiten oder ihr zu folgen. In Allgemeinen kann man diess zugeben, obgleich es nicht ganz richtig ausgedrückt ist; aber die von DARWIN und REIL zur Erläuterung dieses Gesetzes gewählten Beispiele gehören zum Theil unter das Gesetz der Mitbewegungen. Ueberdiess drückt das DARWIN'sche Gesetz die Thatsachen nicht ganz richtig aus. Wäre es wirklich so, so würden wir durch die Erziehung und Uebung ungeschickter. Mitbewegungen würden oft hinderlich werden, die die Uebung uns zum Hinderniss anerkennen, statt dass wir uns durch Uebung der angeborenen Tendenz zur Mitbewegung entäussern. Das von DARWIN und REIL gewählte Bei-

spiel, dass wir nicht gut mit dem einen Arm die Luft horizontal durchschneiden, mit dem andern eine Kreisbewegung machen können, erläutert die Association der Bewegungen von Uebung nicht; die Tendenz zur symmetrischen Bewegung ist hier wie bei den Augen angeboren. Durch Uebung erwerben wir vielmehr die entgegengesetzte Fähigkeit, diese heterogenen Bewegungen wirklich gleichzeitig auszuführen. Ein anderes von DARWIN und REIL gewähltes Beispiel ist geeigneter die Association der willkürlichen Bewegungen zu erläutern. Wer dreheln lerne, bestimme im Anfange jede Richtung des Meissels durch Vorstellung, in der Folge sitze sein Wille auf der Spitze seines Meissels. Hier werden in der That Muskelbewegungen zu schneller, willkürlicher Folge associirt; aber keine ist die Ursache der andern und nur ihre schnelle Verbindung ist erleichtert, und eben so ist es mit aller Association willkürlicher Bewegungen. Haben wir die Bewegungen in gewissen Folgen oft associirt, so wird ihre willkürliche Association immer leichter, so dass der Wille dann die ganze Reihe mit Schnelligkeit hervorrufft, ohne dass jedoch ein Glied derselben gegen unsern Willen erscheint. Dass aber, wie REIL sagt, die Intention des Willens auf ein einziges Glied der Reihe zur Hervorrufung aller übrigen genüge, scheint mir durch die Thatsachen nicht erwiesen zu seyn. Es giebt freilich sehr viele, rein angewöhnte Bewegungen, die bei jeder Gelegenheit wiederkehren, wie die ausdruckslosen Bewegungen der Arme bei den Schauspielern und Sängern, das Agiren mit den Händen bei den meisten lebhaften Menschen; aber diese angewöhnten Bewegungen erläutern nicht das Gesetz der Association von Bewegungen zu Bewegungen, sondern das Gesetz der Verkettung von Vorstellungen und Bewegungen.

b. Association von Vorstellungen und Bewegungen. Die Verkettung der Vorstellungen und Bewegungen kann so innig werden, wie die der Vorstellungen unter sich, und hier ist es in der That der Fall, dass, wenn eine Vorstellung und Bewegung oft verbunden gewesen sind, die letztere sich oft unwillkürlich zu der erstern gesellt. Durch diese Verkettung geschieht, dass wir bei einer drohenden Bewegung vor den Augen, selbst beim Herabfahren der Hand eines Andern vor unseren Augen unwillkürlich die Augen schliessen; dass wir uns angewöhnen, gewisse Vorstellungen nicht ohne gewisse Gesticulation auszusprechen, dass wir unwillkürlich nach einem uns entfallenden Körper mit den Händen hinfahren; überhaupt je häufiger Vorstellungen und Bewegungen willkürlich zusammen vorkommen, um so leichter werden letztere bei dem Anlass der ersteren mehr durch Vorstellung, als durch Willen bestimmt oder dem Einflusse des Willens entzogen. Diese Art der Verkettung spielt eine eben so grosse Rolle in den mechanischen Fertigkeiten und Künsten, als die Association der Bewegungen unter einander. Die Association der Bewegungen unter sich lässt sich nicht anders, als durch die Ausbildung einer leichtern Leitung des Gehirns in einer gewissen Direction erklären und die Verkettung der Vorstellungen und

Bewegungen scheint darauf hinzudeuten, dass bei jeder Vorstellung eine Bewegungstendenz im oder nach dem Apparat ihrer Darstellung durch Bewegung entsteht, eine Tendenz zu Bewegungen, die durch Uebung und Gewöhnung einen solchen Grad der Leichtigkeit erhält, dass die in gewöhnlichen Fällen vorhandene blossе Disposition jedesmal in Action tritt. Das Gähnen kann in dieser Hinsicht als Beispiel dienen. Man gähnt oft nach der blossen Vorstellung des Gähnens, wenn die Disposition zum Gähnen vorhanden ist. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem im Sensorium entstehenden Bilde eines Gähnenden und der auszuführenden unwillkührlichen Bewegung des Gähnens? Wie kommt es, dass unter so unzähligen Bildern nur dasjenige von den Bewegungen des Gähnens diese hervorruft? Diess beweist offenbar, dass die Vorstellung einer Bewegung allein schon hinreicht, um eine Tendenz in dem Apparate ihrer Ausführung, eine Strömung des Nervenprincips in dieser Direction hervorzubringen. Dergleichen Beispiele sind aber mehrere anzuführen. Ich habe schon bei andern Gelegenheit bemerkt, dass die Zuschauer von Fechtspielen oder Duellen die Streiche mit leisen unwillkührlichen Bewegungen ihres Körpers begleiten. Man kann dieselbe Bemerkung an einer Kegelbahn machen. Daher kommt es auch, dass wir auf bedeutendem Höhen und bei gefährlichem Stande in uns eine Art Hang empfinden, uns herabzustürzen. Der Trieb zur Nachahmung der Bewegungen gehört auch hieher. Wenn man sich ernst halten will und immerfort an das Lachen denkt, so lacht man endlich; wie die Kinder, die sich ernst ins Gesicht sehen, ob eines zuerst lache. Lange, nachdem etwas Lächerliches stattgefunden, geräth man öfter noch ins Lachen, wenn man Andere versthohlen lachen oder das Lachen unterdrücken sieht. Endlich ist auch das Entstehen der Krämpfe bei Krampfhaften zu erwähnen, wenn sie Krämpfe sehen. In Hospitälern, wo Krampfhaftes in einem Saal zusammenliegen, bekommen zuweilen mehrere ihre Krämpfe, wenn einer erst angefangen.

CHEVREUL hat die Tendenz zu Bewegungen, die durch Vorstellungen von Bewegungen entsteht, aufgeklärt und an einem verwickelten Fall, nämlich an den Schwingungen eines mit der Hand gehaltenen Pendels erläutert. Die Bewegung des Pendels bei scheinbar unbewegtem Arme wird nämlich nach seinen Untersuchungen durch eine unbewusste leichte Muskelbewegung ausgeführt, in die man unwillkührlich geräth, wenn man, indem man das Pendel hält, zugleich darauf sieht, die aber bei verbundenen Augen wegfällt. Die beiden Hauptthatsachen hierbei sind, dass ein in der Hand gehaltenes Pendel durch so leichte Bewegungen, wie sie selbst dem Bewusstseyn entgehen, in Bewegung gerathen kann, und dass das Betrachten der einmal entstandenen Bewegung unwillkührlich eine Reihe unbewusster Bewegungen zu ihrer Verstärkung verursachen kann. CHEVREUL hat die Thatsache auch zur Erklärung des Gähnens angewandt. FROBIEP's Not. N. 831. BEHN hat übrigens gezeigt, dass eine der vorzüg-

lichsten Ursachen zur Unruhe des in der Hand gehaltenen Pendels die leisen Bewegungen sind, welche unseren Körpertheilen durch den Puls mitgetheilt werden. Siehe MUELLER'S *Archiv* 1835.

Das Factum, dass Bewegungen sich mit Vorstellungen associiren, ist nicht isolirt, selbst wenn man von dem reichsten Felde der Associationen, nämlich der Vorstellungen unter sich, absieht. Vorstellungen wirken nicht bloss auf die Bewegungsapparate, welche mit dem Inhalt der Vorstellungen zusammenhängen, sie wirken auch eben so oft auf die Sinnesorgane, in welchen die Sinneseindrücke dieser Vorstellungen präsentirt werden. Es ist ein grosser Unterschied zwischen der Vorstellung einer ekelhaften Empfindung und der Empfindung des Ekels selbst, und doch kann ein ekelhafter Geschmack bei der blossen Vorstellung desselben bis zur Vomiturition entstehen. Die Qualität der Empfindung ist eine Energie des Empfindungsnerven, welche hier ohne eine äussere Ursache durch die blossen Vorstellung derselben erregt wird. Schon DARWIN hat das Beispiel angeführt, dass der blossen Anblick eines Menschen, der mit scharfen Instrumenten über Porzellan oder Glas fahren wolle, die bekannte Empfindung in den Zähnen erregen könne. Blossen Vorstellungen von gar nicht vorhandenen Gegenständen, welche vorhanden Schauer erregen können, bewirken bei Reizbaren im Uebermaasse das kalte Ueberlaufen. Die Energien der höheren Sinne, des Gesichtssinnes, Lichtempfindung, des Gehörsinnes, Tonempfindung, werden nur in seltenen Fällen im wachenden Zustande, desto häufiger aber im Schläfe und Traum erregt. Denn dass die Traumbilder wirklich oft gesehen und nicht bloss vorgestellt werden, kann ein aufmerksamer Selbstbeobachter an sich erfahren, wenn er sich methodisch angewöhnt, nach dem Traum erwachend, die Augen zu öffnen. Zuweilen sind nämlich die Traumbilder noch in den Augen und verschwinden sichtlich. Diess hat schon SPINOZA gewusst und an sich erfahren, und ich habe es oft an mir beobachtet. Siehe GRUTHUISEN *Beiträge zur Physiognosie u. Eautognosie*. München 1812, und J. MUELLER *über die phantastischen Gesichterscheinerungen*. Coblenz 1826. Ueber diese Gegenstände wird übrigens ausführlicher in dem 6. Buch von den Seelenfunctionen gehandelt.

3) Instinctartige Bewegungen.

Die zusammengesetztesten Bewegungen, deren Ursachen am verborgensten sind, sind unstreitig die instinctartigen. Instinctartige Handlungen der Thiere sind alle, welche zwar willkürlich ausgeführt werden, deren letzte Ursache aber nicht der blossen Wille des Thieres ist und deren vernünftiger Zweck dem Thiere nicht bewusst wird, deren verborgene, nach dem letzten Endzweck des Thieres wirkende Triebfeder dem Sensorium des Thieres nur das von dem Willen im Einzelnen auszuführende Thema der willkürlichen Bewegung antreibend vorspiegelt. Nur Gefühle und Triebe zu bestimmten Handlungen sind es, was wir von dieser Gewalt empfinden. Die instinctartigen Triebe zu Handlungen sind bei dem Menschen selten, wie der Trieb zu Saugebewegungen bei dem Säugling. Die Handlungen, welche

zur Ausübung des Geschlechtstriebes führen, werden bei den Thieren sämmtlich instinctartig ausgeführt, beim Menschen gewiss nur zum Theil. Ist auch das Umfassen der Liebe erregenden Formen triebartig eingegeben, so werden doch die ersten Menschenkinder das übrige erst selbst erfahren haben. Bei den Thieren nimmt die Menge der instinctartigen, zweckmässigen Handlungen in dem Grade zu, als sie zur Erzielung des Endzwecks der Gattung und Art durch ihre Seelenfunctionen nicht befähigt sind. Es kann hier nicht die Aufgabe seyn, die Menge dieser Thatsachen, welche sich auf die Wanderungen, den Nestbau, den Bau der Wohnungen, Gespinnste, die Zucht der Jungen beziehen, aufzuzählen.

Die Ursache des Instinctes scheint dieselbe, welche die ganze Entstehung des Thieres bedingt und seine selbstständige Organisation nach ewigem Gesetze vollbringt. Die Begriffe, die wir von der Natur eines organischen Geschöpfes uns bilden, sind ruhig, schaffen nichts und sind unfruchtbar. Die organisirende Kraft, die viel sicherer nach vernünftigen Ideen und nach göttlichem Plane wirkt, organisirt ihre Producte selbst und erscheint in jedem Producte wieder. Vor ihr sind alle Räthsel der Physik gelöst, vor jener Kraft, welche das Auge des Menschen und Insectes schafft. Diese Kraft, die Endursache eines Geschöpfes, ist es auch, welche die Verluste wieder ersetzt und die Heilung nach einer Krankheit möglich macht, und welche, uranfänglich in dem befruchteten Keimstoff des neuen Individuums enthalten, erst das Organ erschafft, in welchem später unfruchtbare Abbilder der Dinge, die Vorstellungen und Begriffe entstehen. Da diese Kraft vor der Entstehung aller Organe aus der structurlosen Masse des Keimes alle schafft, so ist sie auch an kein Organ gebunden; sie äussert sich in der Ernährung noch bei dem hirnlosen Fötus; sie verändert das Nervensystem, wie alle übrigen Organe bei der sich verwandelnden Insectenlarve, so dass mehrere Knoten des Nervenstranges verschwinden und andere sich vereinigen; sie bewirkt, dass bei der Umwandlung des Frosches das Rückenmark sich verkürzt, in dem Maass die Organisation des Schwanzes eingeht und die Nerven der Extremitäten entstehen. Aus den instinctartigen Handlungen der Thiere sehen wir ferner, dass die nach ewigem Gesetz für einen bestimmten Zweck wirkende Kraft, dieses nicht in unser Bewusstseyn fallende göttliche Denken (um im Sinne SPINOZA's zu reden) auch über die Entstehung und Organisation der organischen Wesen hinaus thätig ist und auf die willkürlichen Handlungen Einfluss hat. Was in der instinctartigen Bewegung erzielt wird, ist auch durchaus zweckmässig, für die Existenz der Gattung und Art so nothwendig, als die Organisation selbst; aber das Erzielte liegt hier ausser dem Organismus, bei der Organisation ist es ein Theil desselben, und jenes Vorstellen des thierischen Wesens, das wir das unfruchtbare nannten, wird selbst von jener Kraft bestimmt, etwas Besonderes vorzustellen und zu erzielen. Die letzte Ursache des Instinctes liegt daher wohl auch nicht in einem besondern Organe, sondern ist eins

mit der nach nothwendigem Gesetz und nach vernünftigem Princip wirkenden Kraft der Organisation. Die Wirkungen dieser Kraft werden indess zuerst im Sensorium offenbar. CUVIER drückt sich darüber sehr verständlich aus. Er sagt: dass die Thiere bei den instinctartigen Handlungen von einer angeborenen Idee, von einem Traume verfolgt werden. Die Verwirklichung der im Sensorium erscheinenden Vorstellungen, Bilder, Triebe ist übrigens durch die Organisation der Thiere selbst ausnehmend erleichtert. Da Beides, das Innere und Aeussere, von derselben Endursache abhängt, so ist auch die Gestalt des Thieres seinen Trieben durchaus entsprechend; es will nichts, als was es durch seine Organe ausführen kann, und es wird durch seine Organe nichts zu thun veranlasst, zu welchem nicht der Trieb vorhanden ist. Der Maulwurf, seinen inneren Trieben nach zu unterirdischem Leben bestimmt, hat in seinen Organen keine Aufforderung, von dieser inneren Bestimmung abzugehen. Wenn er gleich sieht und sein Auge nicht von der Haut bedeckt ist, vielmehr Augenlieder hat, so ist doch sein Gesicht undeutlich, sowohl wegen der Kleinheit des Auges, als der Umstellung desselben mit dichten Haaren. Seine Vorderfüsse sind ganz zum Graben organisirt, so, als wenn er damit nicht gehen, sondern nur wühlen sollte; und in der That ist die Bildung der Hand und ihre Stellung zum Vorderarme so, dass er kaum gehen kann, ohne von selbst schon zu wühlen. Die Faulthiere, welche mit eingezogenen Zehen mehr mit dem äussern Fussrande auftreten, sind auf ebener Erde äusserst langsam und unbehülflich, und haben daher die unrichtige Vorstellung erregt, als habe die Natur sie vor allen Thieren vernachlässigt; diese Geschöpfe sind dagegen in ihrer Art so vollkommen, wie alle übrigen, ihre Extremitäten sind zum Klettern, zum Leben auf Bäumen eingerichtet, wo sie auch die Nacht zubringen, und hier sind sie, wenn auch langsam, wie einige andere Kletterer, z. B. das Chamäleon, doch sehr geschickt und kräftig. Die Spinne ist in der Insertion der Beine und in der Organisation der letzteren so eingerichtet, dass ihre Bewegung auf ebenem Boden auch ungeschickt und krabbelnd ist. Ihre Beine sind bestimmt auf eine Linie zu wirken, d. h. an einem Faden zu klettern. Sie führt das Material für die auszuspannenden Fäden mit sich, und ihre inneren instinctartigen Triebe spiegeln ihr traumartig das Thema zum Handeln, zum Netzbau vor. Der Gepard, *Felis jubata*, kann zum Jagen gebraucht werden, gegen das Naturel der Katzen, welche sonst selbst das Geschenkte erst wie Geraubtes wegnehmen und auf ihre Beute im Hinterhalt lauern. Der Gepard ist aber auch vor allen anderen Thieren des Katzengeschlechtes durch seine geraden, nicht zurückziehbaren und vorstreckbaren Nägel ausgezeichnet.

Es ist bewunderungswürdig, wie der Instinct den Thieren Fähigkeiten, Fertigkeiten und Anschauungen mittheilt, die wir auf dem mühsamen Wege der Erfahrung und Erziehung uns erwerben müssen. Wenn wir anfangen zu sehen, haben wir noch nicht das Vermögen die Bilder der Gegenstände in unserm Auge

in Beziehung auf Ferne und Nähe der Gegenstände zu beurtheilen. Da alle Gegenstände des Sehfeldes so gut wie einer Malerei beim Sehen in einer Fläche concipirt werden, so bedarf es einer langen Erfahrung und der Mitwirkung des Tastens und der Bewegungen, um die Art der bildlichen Darstellung eines Gegenstandes im Sehfelde mit Vorstellungen von seiner Entfernung, Grösse, Form zu begleiten. Das Thier wird so geboren, als hätte es diese Erziehung schon durchgemacht. Das Kalb geht bald nach der Geburt nach der Zitze der Mutter hin. Wir lernen gehen durch eine mühsame Uebung, wobei die Gesetze des Gleichgewichts, der Schwerkraft u. s. w. jeden Augenblick in Betracht kommen; wir lernen es erst, nachdem wir das Maass der Contraction unserer Muskeln für jedes Thema der Bewegung durch Erfahrung und Irren kennen gelernt haben. Die neugeborenen Thiere, wenigstens die Einhufer und Wiederkäuer, haben diese Kenntnisse schon. Sie stellen sich bald auf, gehen auf die Mutter und die Zitzen zu. Alles diess kann nur durch Mitwirkung der instinctartigen Kraft geschehen, vor welcher alle Probleme der Physik gelöst sind. Im Sensorium des neugeborenen Thieres muss eine Kraft wirken, welche die Hebel der ortsbewegenden Glieder in voller Zweckmässigkeit wirken lässt. Von den instinctartigen Handlungen muss man gewisse andere trennen, welche manche Thiere in Schlafesruhe noch mit vieler Kunst ausüben, wenn sie dazu die Fähigkeiten allmählig erworben haben. Viele Vögel schlafen auf einem Beine stehend. Sie halten mit der grössten Sicherheit das Gleichgewicht, und die Kraft zu diesen Handlungen ruht nicht, wenn auch die sensoriellen Wirkungen des Sensoriums ganz ausruhen. Der Nachtwandler befindet sich in einem ähnlichen Fall. Es ist nicht der Instinct, der ihn leitet, sondern die während des Lebens gewonnene Erfahrung, sicher zu gehen, über die er noch während des Schlafes gebietet. Er benutzt alle während seines Lebens durch Erziehung und Erfahrung gewonnenen Kenntnisse in Hinsicht der Erhaltung des Gleichgewichtes; seine Seelenaction allein und nicht der Instinct ist es, die ihn vor dem Fall sichert; aber sein Sensorium ist nur in einer Direction thätig, in allen übrigen verschlossen; und dass er in dieser Beschränkung die Gefahr nicht erkennt, macht ihn sicher und führt ihn am Abgrunde vorbei. Diese Erscheinungen haben in der That für die Erklärung nicht so viel Schwierigkeit, als es scheint. Dass Jemand auf einer mässig schiefen Fläche mit Sicherheit geht, hängt ganz davon ab, dass er weiss, dass die Fläche nicht hoch von der Erde entfernt ist. Dieselbe schiefe Ebene, auf der man nahe der Erdoberfläche leicht einhergehen würde, erscheint uns auf einer jähen Anhöhe gefahrvoll und schwierig zu ersteigen. Wer die Gefahr im letztern Fall nicht einsieht, wird auch eben so sicher, als bei geringer Entfernung von der Erdoberfläche darauf hergehen.

Da es bei den Thieren offenbar instinctartige, angeborene Gefühle und Anschauungen giebt, die sich sogleich nach der Geburt oder später äussern, so entsteht die Frage, ob nicht auch der Mensch angeborene Ideen habe, die für ihn auf höherer

Stufe dieselbe bindende Gewalt haben, wie die instinctartigen Triebe und Gefühle der Thiere auf diese. Wir werden auf diese Frage im 6. Buch von den Seelenfunctionen zurückkommen. Einige haben Hoffnungen daran gesetzt, dass das instinctmässige, vernünftige Wirken der organisirenden Kraft in gewissen Zuständen dem Bewusstseyn etwas mittheilen könnte, was auf dem Wege der Seelenthätigkeiten nicht zu erkennen wäre, und haben das instinctmässige Walten für den Menschen überschätzt. Hierzu ist kein Grund vorhanden, und mir ist nicht bekannt, dass das ausser dem Bewusstseyn still wirkende Naturwalten und Schaffen im Menschen nach freilich vernünftigem und höherem Gesetz dem Bewusstseyn etwas vertraut hätte, oder dass das göttliche Denken, welches schaffend ist, sich in unsere vorstellungsmässigen Abbilder der Gegenstände eingemengt hätte. Was davon verlautet ist, aus sogenannten magnetischen Zuständen, verdient den Glauben nicht, den ihm leichtgläubige Aerzte geschenkt haben, und hat sich zu oft als Betrug oder Thorheit erwiesen. Die Aufschlüsse, die auf diese Art an uns gekommen, sind aber nichts anders, als oft noch gar sehr verwirrte, vorstellungsmässige Bilder gewesen, deren Inhalt der Capacität des Vorstellenden und der Gläubigen angemessen war.

4) *Coordinirte Bewegungen.*

So abhängig die Ortsbewegungen von dem Willen sind, so ist doch die zweckmässige Verbindung der einzelnen Bewegungen zur Ortsveränderung, wie es scheint, durch innere Einrichtungen in den Centralorganen erleichtert; und es scheint zwischen gewissen Theilen der Centralorgane des Nervensystems und den Muskelgruppen und ihren nervösen Leitern eine prästabilierte Harmonie stattzufinden. Man kommt auf diese Vorstellung sowohl bei Versuchen über die Kräfte des kleinen Gehirnes, als bei Versuchen über die des Rückenmarkes. Man hat schon gesehen, dass enthauptete Vögel noch allerhand Versuche zur Ortsbewegung machten. Dasselbe hat man bei Fröschen gesehen. Dergleichen Bewegungen haben nicht das Ansehen von willkührlichen Bewegungen, zu welchen die Mitwirkung des Gehirns nothwendig ist; aber es herrscht eine gewisse Uebereinstimmung in den einzelnen Acten solcher tumultuarischen Bewegungen, welche enthauptete Gänse machen. Sie schlagen mit den Flügeln; hierzu ist aber die gleichzeitige und übereinstimmende Wirkung vieler Nervenfasern nöthig, und es scheint also, dass die coordinirte Wirkung derselben durch irgend eine organische Einrichtung in den Centraltheilen erleichtert ist. Blosser Zuckungen aller vom Rückenmark abhängigen Muskeln sind es nicht. Denn wenn alle Nervenfasern des verletzten Rückenmarks in Irritation gerathen, so müssen auch alle Muskeln des Rumpfes gleich angezogen werden; daraus können aber keine Flügelschläge erfolgen; man sieht wenigstens nicht ein, warum der enthauptete Vogel nicht eben so gut die Flügel dicht und krampfhaft an den Leib anlegen sollte. Es gehört hieher auch das Winden enthaupteter Aale und Schlagen des Schwanzes bei enthaupteten anderen Fischen. Bei den wirbellosen Thieren geschehen die Ortsbewegungen nach der Ent-

hauptung zuweilen sogar in ganz gewöhnlicher Folge. Ein *Carabus granulatus* lief in *TREVIRANUS* Versuchen nach der Enthauptung nach wie vor herum; eine Bremse, auf den Rücken gelegt, strengte sich an, auf die Beine zu kommen. *TREVIRANUS* führt auch die Beobachtung von *WALCKENAER* über *Cerceris ornata* an, welche einer in Löchern lebenden Biene nachstellt. *WALCKENAER* stiess einer solchen Wespe im Augenhlicke, wo sie in das Loch der Biene eindringen wollte, den Kopf ab; sie setzte ihre Bewegungen fort und suchte umgekehrt dahin zurückzukehren und einzudringen. *TREVIRANUS Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. 2. 194.* Getheilte Blutegel setzen die Ortsbewegungen in der Art, wie früher fort. Es erhellt hieraus, dass gruppenweise Bewegungen der Muskeln bei den Wirbellosen und Wirbelthieren nach der Enthauptung möglich sind. Bei den Wirbellosen scheint freilich hierbei selbst der Willenseinfluss noch stattzufinden.

FLOURENS Versuche über das kleine Gehirn zeigen ferner, dass nicht bloss im Rückenmark eine prästabilirte Harmonie gewisser gruppenweiser Bewegungen residirt, dass vorzüglich das kleine Gehirn die gruppenweise Wirkung der Muskeln für die Ortsbewegung beherrscht. Nahm derselbe bei Vögeln Schnitt für Schnitt das kleine Gehirn weg, so trat nicht bloss Schwäche der Muskelbewegungen, sondern auch ein Mangel an Uebereinstimmung derselben ein. Schon nach der Wegnahme der oberflächlichen Lagen wurden die Thiere unruhig; ohne Convulsionen zu erleiden, machten sie heftige und unregelmässige Bewegungen; dabei waren ihre Sinnesfunctionen ungestört. Nach Wegnahme der tieferen Lagen des kleinen Gehirns verloren die Thiere die Fähigkeit zum Springen, Fliegen, Gehen, Stehen, zur Erhaltung des Gleichgewichtes. Wurde ein Vogel in diesem Zustande auf den Rücken gelegt, so konnte er sich nicht umkehren; er flatterte beständig und war nicht betäubt; den nach ihm geführten Streich suchte er zu vermeiden. *FLOURENS* schloss daraus, dass Wille, Empfindung, Besinnung geblieben sey, dass aber die Fähigkeit, die Muskeln gruppenweise zu Ortsbewegungen zu verbinden, verloren gegangen sey. Andererseits zeigen seine Versuche über die Verletzungen der grossen Hemisphären, dass das coordinirende Princip in ihnen nicht residirt. Denn die Thiere werden nach der Wegnahme eines grossen Theils der Hemisphären nur betäubt und kraftlos, aber fähig zu allen willkürlichen und gruppenweisen Bewegungen; wie denn die Vögel in diesem Zustande, in die Luft geworfen, noch mit Flügelschlag auf die Luft wirken und zu fliegen vermögen. Indess zeigt selbst das Flattern nach der Wegnahme des kleinen Gehirns noch eine Spur von coordinirter Bewegung an, die, wie wir nach der Enthauptung der Gänse sehen, von dem Rückenmark allein abhängig seyn kann. Diese Coordination der Bewegungen muss den Thieren bei dem ersten Gebrauch ihrer Extremitäten, wobei sie sich so geschickt zeigen, sehr zu statten kommen, und überhaupt gehen die coordinirten Bewegungen als Elemente in die Zusammensetzung der instinctartigen Bewegungen vielfach ein. Im Säugling ist ein in-

nerer Stimulus im Gehirn zu coordinirten Saugbewegungen vorhanden, und selbst der Kopf eines enthaupteten Kätzchens zeigt, wie MAYER beobachtete, nach an dem in den Mund gehaltenem Finger noch Saugbewegungen.

III. Capitel. Von den Ortsbewegungen.

Es giebt viele Thiere, die mit einem Theile ihres Körpers festsitzend oder liegend der Ortsbewegung grösstentheils erman- geln und nur eine relative Ortsbewegung einzelner Theile ihres Körpers haben.

Im ersten Falle befinden sich die zusammengesetzten Ein- geweidewürmer, wie *Coenurus cerebralis*, dessen Würmchen durch eine gemeinsame Blase verbunden, auf dieser sich nur er- heben und sich zurückziehen können. Ferner gehören dahin die zusammengesetzten Polypen, deren Ortsbewegung sich auf Hervorstrecken und Zurückziehen des Polypenkopfes und seiner Arme in den Kelch des Polypen beschränkt. Auch die Seefe- dern, von denen man lange glaubte, dass sie sich frei im Meere bewegen, stecken im Boden gleich den Veretillen und nur ihre einzelnen Polypen können sich entwickeln und zurückziehen. Einflüsse, welche auf einzelne Polypen des Stammes wirken, ver- anlassen auch nur das Zurückziehen der einzelnen Polypen. RAPP über die Polypen. S. 8. Doch hat RAPP auch am Stamme der Veretillen träge Krümmungen beobachtet. Ein Veretillum, das RAPP in den Canal von Cete warf, pflanzte sich in den Bo- den ein. Den Bau und die Lebensverhältnisse des Stammes kennt man noch nicht von mehreren Polypen gleich gut. Der Stamm der Sertularien enthält einen Canal, in welchem nach den Beob- achtungen von MEYEN und LISTER abwechselnde, aufwärts und wieder abwärts gehende Strömungen des Saftes stattfinden. Nach LISTER hängt der Canal des Stengels mit dem Magen zusammen und ebenso die Strömungen beider, was MEYEN läugnet. LIS- TER *phil. Trans.* 1835. 2. In der Achse des dicken Polypen- stammes von Veretillum verlaufen nach RAPP 4 gerade Ca- näle, die mit queren Muskelfasern umgeben sind; sie sind mit Seewasser gefüllt. Die Mundhöhle jedes einzelnen Polypen führt in einen braunen engen Canal, der sich in die durchsichtige, über einen Zoll lange Röhre des Polypen öffnet. Diese ist der Magen; sie setzt sich im Hauptstamme in einer Zelle fort, wel- che mit den in der Achse verlaufenden Canälen zusammenhängt. Die 4 Canäle des Stammes öffnen sich am untern Ende mit 4 Oeffnungen; überdiess hängen die Canäle durch kleine Löcher mit der schwammigen Substanz des Hauptstammes zusammen. *Noo. Act. Nat. Cur.* XIV. 2. 650. In welchem innern Zusammen- hange die selbstständigen Bewegungen der einzelnen Polypen zu den trägen Krümmungen des Stammes von Veretillum stehen, ist noch nicht recht klar geworden, wie denn überhaupt die Aufklä- rung des physiologischen Zusammenhanges zwischen den Polypen und ihrem Stamm eine der verwickeltsten Aufgaben ist. Zufolge

EHRENBERG's Untersuchungen, der hier so viel beobachtet hat, ist „der Corallenbau weder ein blosser Bau vieler willkürlich vereinter Thiere, noch ein einziges vielköpfiges oder einfach gespaltenes Thier, noch ein Pflanzenstamm mit Thierblüthen, sondern ein Familienkörper, ein lebender Stammbaum, dessen einzelne auf den Urahn fort und fort entwickelte Thiere in sich abgeschlossen und der vollen Selbstständigkeit fähig sind, ohne sie selbst herbeiführen zu können.“ EHRENBERG, *die Corallenthier des rothen Meeres*. Berlin 1834. p. 27.

Die Armpolypen sind theils der freien Ortsbewegung fähig, wie die Hydren, theils festsitzend, wie die Corynen. Unter den Annularien giebt es einzelne, welche einer freien Ortsbewegung ermangeln, wie die in Köchern lebenden Serpulen. Unter den Mollusken leben die Tubulibranchien, wie die Vermetus, Siliquaria, in festsitzenden Röhren. Auch die Ostreaceen unter den zweischaligen Muscheln, theils mit ihrer Schale an Felsen festsitzend, theils frei, verändern in beiden Fällen kaum den Ort, und ihre Bewegung beschränkt sich auf das Schliessen der Schale, die durch das elastische Schlossband von selbst geöffnet wird. Andere dieser Familie, wie die Pinnen, heften sich mit dem aus dem Fussrudiment kommenden Byssus an feste Körper und bedienen sich des Byssus, wie CUVIER sich ausdrückt, zum Anker. Auch die Mytilaceen bedienen sich ihres längern Fusses mehr zum Anheften des Byssus, als zum Kriechen. Andere Muscheln bedienen sich des Fusses zum Kriechen, wie die Anodonten, Unionen u. A. Die Ascidien sind an Felsen geheftet und ermangeln aller Ortsbewegung. Ihre willkürlichen Bewegungen bestehen nur im Ausspritzen des Wassers aus der dazu bestimmten Mündung des Mantels. Unter den zusammengesetzten Ascidien sitzen die Botryllen auf Körpern auf, zu sternförmigen Massen vereinigt. CUVIER bemerkt, dass, wenn man eine Mündung eines einzelnen Thiers reize, sich nur ein Thier zusammenziehe, wenn man das Centrum reize, alle sich contrahiren. In derselben Abtheilung bilden die Pyrosomen zusammengesetzte Mollusken, die zu einem hohlen, an einem Ende offenen Cylinder vereinigt sind. Sie sind frei im Meere, und man sagt, dass diese Cylinder durch die gemeinschaftlichen Zusammenziehungen aller einzelnen Thierchen umherschwimmen. Cuv. *regne animal*. Das Nähere einer physiologisch so merkwürdigen Erscheinung ist unbekannt. Das Erlöschen der Phosphoresenz von einem einzigen verletzten Theile des Cylinders aus spricht allerdings auch für eine gemeinschaftliche Action dieser Wesen. Die zusammengesetzten Polypen bieten uns von einem so merkwürdigen Verhältniss kein Beispiel dar. Mehrere Thiere sehr verschiedener Classen sind während eines Theils ihres Lebens frei, während des andern festgeheftet. Einige sind in der ersten Zeit festgeheftet, später frei; dahin gehören nach EHRENBERG's Beobachtungen die Vorticellen. Sie sitzen zu Vielen durch Stiele an gemeinsamer kriechender Wurzel. Später theilt sich der Körper des Thierchens in 2, welche sich von dem Stiele trennen, der nun die frühere Beweglichkeit, sich zusammenzuziehen und auszudehnen, verloren hat. Vom

Stiele getrennt schwimmt nun jedes der Thierchen frei umher. Andere Thiere sind in der Jugend frei und später angeheftet, und ohne Ortsbewegung. Von diesem merkwürdigen Verhältnisse geben uns die schönen Beobachtungen von v. NORDMANN über die Lerneaceen, von DUGÈS über die Hydrachnen und von BURMEISTER über die Cirripeden Beispiele. Die Lernäen sind in der Jugend crustaceenartig gebildet und frei, später verändern die Weibchen ihre Gestalt so sehr, dass man sie für Eingeweidewürmer gehalten hat. In diesem Zustande sitzen sie als Parasiten an anderen Thieren (Fischen) fest. Die Männchen sitzen an dem Hinterleibe der Weibchen angeklammert. v. NORDMANN *micrographische Beiträge*.

Die Hydrachnen sind als Larven sechsfüssig; sie befestigen sich später als Parasiten auf Wasserinsecten. Nun verlängert sich der Hintertheil ausserordentlich und das Thier wird zu einer langgezogenen Ellipse; dann ist das Thier Nymphe. Unter der Haut der Nymphe bilden sich die Glieder und Augen des vollkommenen Thiers. Das Thier tritt hervor und schwimmt, ist aber noch nicht vollkommen; nach einigen Wochen heftet es sich mit dem Saugrüssel in ein Blatt von Potamogeton und wird unbeweglich; die Beine verschwinden abermals und nun entwickeln sich erst die Beine des vollkommenen Thiers. *Ann. d. sc. nat.* 1834. Das ausgeschlüpfte Junge der Cirripeden gleicht den Jungen der Lernäen und schwimmt umher. Der Körper besitzt schon 3 Paar Bauchfüsse; ältere Junge haben schon eine lederartige Schale. Durch einen fleischartigen Fortsatz, der zwischen den Klappen hervortritt, wird das Junge nun an den Tang befestigt. In diesem Zustande besitzt das Junge selbst ein Auge; erst in der folgenden Periode erhält es die doppelte Zahl der Füsse, und beim Häuten gehen Auge und die früheren Fühler verloren. BURMEISTER, *Beiträge zur Naturgeschichte der Rankenfässer*. Berlin 1834. Die Bewegungsorgane der frei den Ort verändernden Thiere sind theils Wimpern, Borsten, Blättchen, Flossen, theils articulirte Glieder, theils geschieht die Bewegung durch Austreibung von Flüssigkeiten, die vorher aufgenommen worden, theils durch wellenförmige Bewegungen der Körpertheile, die bald fixirt, bald nachgezogen, bald vorgestreckt werden, theils durch abwechselnde Ausdehnung und Contraction der ganzen Masse des Körpers.

Ueber die Bewegungsorgane der Infusorien hat EHRENBURG ausführliche Aufschlüsse gegeben. *Zur Erkenntniss der Organisation in der Richtung des kleinsten Raums*. Berlin 1832. p. 28. Unter die einfacheren Bewegungsorgane gehören theils veränderliche, an vielen Stellen des Körpers hervorzutreibende Fortsätze, wie in der Gattung Amöba, dem ehemaligen Proteus; theils Borsten, wie auf dem Rücken der Chaetonotus, theils Wimpern, die bei den Magenthierchen oft über den ganzen Körper verbreitet sind, theils Haken. Die zusammengesetzten Bewegungsorgane sind die Räderorgane in der Classe der Rädertiere und bei einzelnen Magenthierchen. Von diesen Organen hat EHRENBURG mehrere Varietäten beschrieben. Was derselbe über ihren Bau entdeckt hat, ist schon oben p. 13. berührt worden. Die Vibrationen

dieser Organe dienen nicht bloss zur Erzeugung von Strudeln im Wasser, wodurch Nahrungsstoffe zugeführt werden, sondern auch zum Schwimmen. Die Räderthiere können übrigens auch kriechen bei abwechselndem Fixiren des vordern und hintern Körperendes, indem der letztere bald gegen den erstern angezogen, bald vom hintern Ende aus der Körper gestreckt wird.

Die Acalephen von Scheiben- oder Glockengestalt verändern den Ort durch abwechselnde Zusammenziehungen und Ausdehnungen des Körpers, wodurch das in dem Raum der Glocke enthaltene Wasser fortgetrieben wird. Die Beroen bewegen sich zum Theil durch Schwingung der Blättchen, womit die 8 Rippen ihres kugelförmigen Körpers besetzt sind. Die Röhrenquallen haben zu Schwimmorganen zum Theil Schwimmhöhlen, die wie die Glocke der Medusen wirken, wie die Diphyiden. Die Blasenquallen haben an ihrem weichen Körper eine mit Luft angefüllte Schwimmblase, vermittelt welcher sie sich an der Oberfläche des Meeres erhalten können. Bei den Physalien ist neben der grössern Schwimmblase noch ein segelartig wirkender Theil, indem über die Schwimmblase ein häutiger Kamm verläuft, der mit Luft gefüllt, aber auch davon entleert werden kann. Die Schwimmblase hat an beiden Enden eine Oeffnung, die durch einen Sphincter verschlossen wird. ESCHSCHOLTZ *Syst. d. Acalephen. Berl.*

Unter den Echinodermen können sich die Holothurien durch Austreiben des in das Athemorgan aufgenommenen Wassers fortbewegen, ihr ganzer Körper ist durch starke Längsmuskeln der Verkürzung fähig. Aber diese Thiere besitzen, wie ihre Classenverwandten, die Seesterne und Seeigel, noch das besondere, von TIEDEMANN entdeckte System der Wasserröhren, die mit einem contractilen Behälter einerseits, und den hohlen, durch Anfüllung vorstreckbaren und ihre Contractilität zurückziehbaren Füsschen in Verbindung stehen. TIEDEMANN, *Anatomie der Röhrenholothurie etc.*

Die freien Würmer bewegen sich im Wasser schwimmend durch wellenförmiges Schlagen des Körpers, die Salpen unter den Mollusken, indem sie durch die hintere, mit einer Klappe versehene Oeffnung Wasser eingehen und durch die Oeffnung beiseits vom Munde wieder austreten lassen. Das Kriechen der Würmer und Raupen geschieht, indem sie aliquote Theile des Körpers befestigen und die anderen nachziehen, dann wieder das Ende der nachgezogenen aufsetzen und die vor ihnen liegenden Theile aus der Biegung vorwärtsstrecken. Zur Befestigung dienen theils die Mundtheile, theils Fussstummeln, wie bei den Raupen, theils Saugnapfe, wie bei den Saugwürmern, Egeln u. a. Statt der Streckungen und Beugungen von Bogen geschieht das Kriechen bei anderen Würmern und bei Mollusken allgemein durch abwechselnde Zusammenziehungen und Ausdehnungen des Körpers oder Fusses. Die Regenwürmer kriechen nicht wie die Egel, indem sie Bogen ihres Körpers strecken und von Neuem bilden; sondern indem Theile ihres geringelten Körpers sich aufstemmen, die folgenden einfach angezogen werden, wodurch dieser Theil des Körpers breiter und kürzer wird. Durch die Fixation des hintern Endes des nachgezogenen Theils kann dieser nun sich quer con-

trahiren und sich demzufolge nach vorwärts ausdehnen. Bei den Egelu kömmt auch diese Form der Bewegung vor. Bei den Gastropoden unter den Mollusken sind die Momente dieser Art der Bewegung so zahlreich, dass man, wenn eine Schnecke auf einer Glastafel kriecht, nur den Ausdruck sehr kleiner, hinter einander folgender Wellen sieht, während die Schnecke ununterbrochen weiter rückt. Ein solches Unduliren sieht man auch an dem Fusse der Lymnaeen, wenn sie auf dem Rücken liegend gleichsam an der Oberfläche des Wassers hängen. Wie bei einer so glatten Oberfläche, als der Fuss der Schnecke ist, doch aliquote Theile des Fusses sich fixiren können, ist schwer zu begreifen.

Uebrigens besteht das Wesentliche der Ortsbewegung bei fast allen Thieren und bei den verschiedensten Formen der Ortsveränderung durch Schwimmen, Kriechen, Gehen, Fliegen, darin, dass Theile ihres Körpers Bogen bilden, deren Schenkel gegen einen fixen Punct gestreckt werden. Bald werden diese Bogen durch den wurmförmigen Körper selbst gebildet, wie beim Kriechen und Schwimmen, bald wird das Strecken und Beugen durch Nähern und Entfernen zweier Schenkel eines Winkels ersetzt, wo denn auch wieder der eine dieser Schenkel an seinem Ende durch den Widerstand, den er an festen oder flüssigen Körpern findet, den fixen Punct bildet, von welchem aus durch Streckung der Schenkel des Winkels oder Oeffnen desselben die übrigen Theile vorwärts gebracht werden. Hierauf reducirt sich die Bewegung der Thiere mit Gliedern, seyen es Flossen, oder Flügel, oder Beine, im Wasser, in der Luft, auf der Erde. Denn auch die Luft und das Wasser leisten Widerstand gegen Körper, welche sie aus der Lage drängen, und die Kraft, welche sie zu verdrängen strebt, wirkt in dem Maass, als sie Widerstand leisten, auf den Körper des Thiers zurück, und ertheilt ihm eine Projection in bestimmter Richtung. Die Gesetze des Hebels kommen hierbei in Betracht. So mannigfaltig die Hebel auch an den Thieren mit Gliedern angebracht sind, so sind sie doch mehrentheils mit Verlust von Kraft angewandt, indem die Muskeln in vielen, ja den meisten Fällen in sehr schiefer Richtung auf die Hebel wirken, und überdiess ihre Insertion so häufig nahe dem Stützpunkte und fern von dem Ende des Hebels angebracht ist. Höhere Rücksichten haben diess erfordert, nicht die Schönheit der Formen allein. Hätte die Natur an jedem Gliede die Gesetze der besten Hebeleinrichtung befolgt, so wäre eine Complication, eine Eckigkeit und Unbehülflichkeit der Form des Körpers entstanden, dass durch das Wachsthum der Hindernisse für ein harmonisches Zusammenwirken der Aufwand der Kraft bei aller scheinbaren Ersparniss doch am Ende hätte grösser seyn müssen, als er jetzt ist. Ueber die Ortsbewegungen siehe BORELLI *de motu animalium*. Lugd. Batav. 1685. 4. BARTHEZ *neue Mechanik der willkührlichen Bewegungen des Menschen und der Thiere*. Halle 1800. 8.

Schwimmen. (BORELLI a. a. O. MUNCKE in GEHLER'S *physikal. Wörterb.*)

Die Ortsbewegungen der Thiere im Wasser und in der Luft

haben mit einander gemein, dass das Widerstand leistende Medium dasselbe ist, als in welchem sich das Thier bewegt. Beim Gehen und Kriechen, geschehe es im Wasser oder an der Luft, wird das Wasser und die Luft durchschnitten, aber ein fester Körper, die Erde, leistet die Stütze für die Projection des Schwerpunctes; beim Schwimmen und Fliegen stützen das Wasser und die Luft, die doch selbst von dem schwimmenden und fliegenden Körper durchschnitten werden. In beiden Fällen ist das der Bewegung zur Stütze dienende Medium nachgiebig, während es beim Gehen und Sprung fest ist; die Bewegung ist um so grösser, je grösser die Kraft ist, womit das Bewegungsorgan gegen das Wasser oder die Luft drückt, im Verhältniss der zu bewegenden Masse und des Widerstandes, welche Wasser oder Luft dem vordringenden Körper darbieten. Unter Widerstand versteht man aber hierbei den Verlust von Bewegungskraft, den ein im flüssigen Medium sich bewegendes Körper dadurch erleidet, dass er Theile der Flüssigkeit vor sich her treibt. Er verliert nämlich so viel an eigener Bewegung, als er anderen mittheilt.

Bei den Schwimmern ist das Hauptmoment der Bewegung, dass ein gebildeter Bogen, indem er sich streckt, das Wasser drückt. Denkt man sich, dass eine biegsame und elastische Ruthe, von überall gleicher Masse, im Wasser liegend in der Mitte gebogen und dann gestreckt werde, so schlagen ihre beiden Schenkel das Wasser in schiefer Richtung gleichstark und die gestreckte Ruthe wird in der Richtung ihrer Länge im Wasser nicht vorwärts geworfen. Ebenso ist es, wenn zwei durch ein Charnier verbundene Schenkel, von gleicher Masse, sich gegen einander neigen und dann strecken. Bei gleicher Masse an beiden Schenkeln und gleichem Widerstand wird die in der Mitte wirkende Kraft der Beugung beide Schenkel gleichstark gegen einander beugen und die an derselben Stelle wirkende, streckende Gewalt beide Schenkel gleichstark von einander entfernen. Liegt aber an einem der Schenkel die Hauptmasse des Körpers, so wird die an der Beugungsstelle wirkende Gewalt des auf dem Wasser schwimmenden Körpers eher den leichten Schenkel gegen die Masse des andern Schenkels, als diese gegen jenen bewegen. Während die Hauptmasse des einen Schenkels ihre Lage im Wasser behauptet, wird der andere Schenkel sowohl bei der Beugung, als Streckung seine Lage zur grössern Masse verändern. In diesem Fall befindet sich sowohl das mit dem Steuerruder versehene Schiff, als der Fisch. An beiden im Wasser liegend bewegt sich durch eine Kraft, die die Lage des Steuerruders oder des Schwanzes zur Hauptmasse verändert, zunächst nur der leichtere Theil gegen den schwerern und von diesem ab. Indem nun aber das gegen das Schiff gewendete Steuerruder in gerade Richtung gebracht wird, drückt dieses gegen das hinter ihm liegende Wasser. Wäre das gestossene Wasser ein fester unverrückbarer Körper, so würde das Schiff mit der ganzen Kraft der Bewegung des Steuerruders in der entgegengesetzten Richtung, d. h. schief vorwärts gehen. Der Druck des Steuerruders theilt indess dem Wasser einen Theil seiner eigenen Bewegungskraft mit, mit die-

ser weicht das gedrückte Wasser von der Stelle; der ganze übrige Theil der Kraft des Steuerruders entfernt das gedrückte Wasser und die Masse des Schiffes von einander, und dieses geht nun in schiefer Richtung vorwärts. Der entgegengesetzte Schlag des Steuerruders giebt dem Schiff die Projection in entgegengesetzt schiefer Richtung, und eine schnelle Folge von Schlägen des Steuerruders ertheilt dem Schiff die mittlere gerade Richtung. Da das Steuerruder nach jedem Schlag sich wieder für den neuen Schlag in einen Winkel gegen die Achse des Schiffes stellen muss, so würde diese Vorbereitung zum folgenden Schlag, da sie in entgegengesetzter Richtung geschieht, als der Schlag selbst, die Projection des Schiffes wieder aufheben, wenn diese Bewegung von gleicher Stärke als der Schlag des Steuerruders selbst wäre; wie in der That ein bloss im Wasser mit gleicher Kraft hin und her bewegtes Ruder dem Kahn keine Bewegung mittheilt. Die Bewegung des Fisches beim Schwimmen gleicht ganz der eines Kahnes, der nur durch die Bewegung des Steuerruders vorwärts getrieben wird; der Schwanz ist das Ruder. Zwei schnell auf einander folgende Schläge des Schwanzes nach der einen oder andern Seite sind bei vielen Fischen mit kürzerm Schwanze, wie bei Karpfen, hinreichend, um dem Fisch die mittlere Richtung mitzutheilen. Man sieht indess häufig beim langsamern Schwimmen, dass der Fisch durch die abwechselnden Schläge nach der einen und andern Seite eine mehr abwechselnd schiefe, als gerade Richtung erhält. Fische mit längerem Schwanz können zu gleicher Zeit zwei Bogen nach entgegengesetzten Seiten mit ihrem Schwanz machen und strecken; wodurch der Körper in der mittlern Richtung sogleich fortgetrieben wird. Die Schollen und die Cetaceen schlagen das Wasser in senkrechter Richtung. Das Schwimmen der Rochen geschieht theils durch die Schläge ihres Schwanzes und mit diesem wohl auch wie bei den meisten Fischen. Da ihre Brustflossen aber flügelartig ausgebreitet sind, so kommt hier vorzugsweise die Bewegung dieser Flossen in Betracht, deren Antheil beim Schwimmen dem Werk der Flügel der Vögel gleicht. Bei den übrigen Fischen haben die Flossen an den Hauptbewegungen zum Schwimmen nur einen untergeordneten Antheil, wie schon BORELLI bewies. *De motu animalium. Lugd. Bat. 1685. p. 257.* Die Flossen dienen ihnen, durch Druck gegen das Wasser sich aufrecht im Wasser zu erhalten, gleich Füßen, und ihr Wanken zu corrigiren. Nach CUVIER dienen sie ihnen auch, um Seitenbewegungen zu machen, wozu indess, wie man bei Karpfen sieht, das einseitige Beugen des Schwanzes viel wirksamer ist.

Die Vierfüsser schwimmen mittelst der Füße als Ruder; wie die Kähne durch Ruder bewegt werden. Der Widerstand des mittelst des Ruders gedrückten Wassers ist die Ursache, dass, indem der Winkel zwischen dem Ruder und dem Kahn sich vergrößert, der Kahn selbst fortgeschoben wird. Würde das Ruder mit gleicher Kraft und Stellung im Wasser vor und zurück bewegt werden, so würde der Kahn nicht von der Stelle kommen. Die Bewegung nach einer Richtung kommt dadurch

zu Stande, dass die Reposition des Ruders entweder in der Luft und nicht im Wasser, oder, wenn im Wasser, mit der Schneide des Ruders geschieht. In demselben Fall befinden sich die Schwimmer mit Füßen. Die Reposition der Hände und Füße geschieht so, dass sie mit kleinerer Fläche auf das Wasser drücken, als bei der Schwimmbewegung. Der Mensch bringt die Arme mit schneidendem Rande der Finger in ihre Stellung und wirkt auf das Wasser mit der Fläche der Hände. Auch beim Schwimmen der Vierfüsser ohne breite Hand, wie beim Pferd, ist die Wirkung der Füße beim Schlagen des Wassers grösser als bei der Reposition und darum kommen sie vorwärts; beim Rückwärtsbewegen ihrer Beine wirken sie mit einer grossen Oberfläche derselben, beim Vorstrecken ist die Oberfläche, womit sie auf das Wasser stossen, viel kleiner. Die Vierfüsser sind meist von Natur Schwimmer, weil sie die Beine beim Schwimmen in ähnlicher Art wie beim Gehen brauchen und weil sie bei der Länge der Schnautze und Kleinheit des Hirnschädels, durch Erheben der Schnautze das Luftloch zum Athmen so hoch stellen können, dass es den obersten Theil über dem Wasser bildet. Beim Menschen liegt der Eingang in die Athemwerkzeuge, nur wenn er auf dem Rücken im Wasser liegt, oben; der Mensch muss überdiess eine ihm nicht gewöhnliche zweckmässige Bewegung der Arme und Beine zum Schwimmen erst lernen, nämlich diejenige, wobei die Reposition der Extremitäten in ihre Stellung zum Schlag mit kleinerer Oberfläche auf das Wasser wirkt, als die Schwimmbewegung derselben. Zur Erhaltung auf der Oberfläche des Wassers ist bei dem geübten Schwimmer ausser dem Einathmen nur eine geringe Bewegung nöthig; er wird getragen so lange als seine von Luft ausgedehnten Lungen ihn leichter machen als das Wasser. Der Mensch ist, wie die Thiere, an sich schwerer als das Wasser, und sinkt darin, wenn er keine Bewegung dagegen macht, von selbst unter, sobald er ausathmet. So lange seine Brust aber von Luft weit ausgedehnt ist, erhält er sich, wenn der Körper ausgestreckt auf dem Rücken liegt. Würden wir nicht nöthig haben auszuathmen, würden wir die Brust in Einem fort von Luft ausgedehnt erhalten können, so würden wir auch ohne alle Bewegungen nicht untergehen. So aber müssen wir das beim Ausathmen regelmässig erfolgende Sinken durch Bewegungen, durch Stossen gegen das Wasser nach unten, corrigiren. Die Vögel werden auf dem Wasser erhalten, wegen der Luft, welche ihre mit den Lungen communicirenden Unterleibszellen und ihre Knochen enthalten. Zum Tauchen haben die Vögel nöthig stark auszuathmen. Die Schwimmvögel brauchen ihre Füße als Ruder, die Schwäne bedienen sich ihrer ausgespannten Flügel auch zum Segeln.

Die Schwimmblase vieler Fische, welche sich nach v. BAER'S Untersuchung (MUELLER'S *Archiv* 1835. p. 234.) wie die Lunge aus dem Schlund entwickelt, erleichtert das Schwimmen in den oberen Regionen des Wassers, und durch die Zusammendrückbarkeit der in ihr enthaltenen Luft vermöge der Seitenmuskeln sind die Fische fähig, in verschiedenen Höhen, je nach dem grössern oder geringern Druck zu schweben. Ueber die Structur der Schwimmblase siehe

oben B. I. 2. Aufl. p. 298. Da dieses Organ im obern Theil der Bauchhöhle liegt, wo wegen der starken Rücken- und Seitenmuskeln sonst der Schwerpunkt des Fisches liegen würde, so dient es auch dazu, dass die Fische aufrecht im Wasser sich erhalten, obgleich es hierzu nicht unumgänglich nothwendig ist. Fische, deren Schwimmblase zerrissen ist, kommen nicht mehr an die Oberfläche des Wassers und fallen leicht auf die Seite.

Fliegen. (BORELLI a. a. O., CUVIER *Vergl. Anat.* I. p. 10., FUSS *Nov. act. soc. sc. Petrop.* XV. 1806., SILBERSCHLAG *Schriften der Berl. Ges. naturf. Freunde.* 1784. II., HORNER in GEHLER'S *physik. Wörterb.* IV. p. 477.)

Der Flug beruht darauf, dass die sich blattartig ausbreitenden vorderen Extremitäten eines Thiers mit möglichst grosser Oberfläche auf die Luft schlagend wirken. Die durch ihren Widerstand und durch ihre Elasticität gegen die ihr mitzutheilende Bewegung rückwirkende Luft ist die Ursache, dass der Körper des Thiers gehoben wird. Die Ausführung einer solchen Bewegung erfordert eine ausserordentliche Verstärkung der Brustmuskeln, einen eigenthümlichen Bau der Brust, welche in ihrem Rückentheil unbeweglich ist, und durch den Kiel des Brustbeins einen grossen Raum zum Ansatz der Pectoralmuskeln darbietet, während die Schultergelenke nicht bloss durch die starken Schlüsselbeine, sondern auch durch die beide Schultergelenke verbindende Gabel eine Stütze erhalten. Würde die Reposition des Flügels in die Stellung zum Schlagen mit gleich grosser Oberfläche, wie beim Schlagen geschehen, so würde die Wirkung wieder aufgehoben werden; indem aber der Vogel den Flügel nach jedem Schlag zusammenschlägt und ihn dann wieder ausbreitet, wird die Projection in einer Richtung möglich. Damit der Flügel beim Schlag nicht nachgebe gegen den Widerstand der Luft und steif ausgedehnt wirke, ist es nöthig, dass die Beugung und Streckung der Hand gegen den Vorderarm weg falle. Die Hand des Vogels ist nur der Abduction und Adduction fähig, Bewegungen, durch welche die Hand bald gegen den Vorderarm umgeschlagen und angelegt, bald entfaltet wird. Eine Folge von Schlägen der Flügel führt den Vogel bei wagerechter Stellung der Flügel senkrecht in die Höhe, wie es bei den Lerchen der Fall ist. Bei einer geneigten Lage der Flügel, wo seine untere Fläche zugleich nach hinten sieht, muss der Vogel schief aufsteigen, der Wurflinie folgen und in ähnlicher schiefer Richtung fallen, als er aufgestiegen ist; bei regelmässig wiederholtem Schlag der Flügel wird er in einer Wellenlinie horizontal fortschweben. Die Neigung der Flügel zu der horizontalen Bewegung braucht jedoch nicht stark zu seyn, denn selbst bei einem wagerechten Schlag des Flügels müssen die biegsamen Schwungfedern durch den Widerstand der Luft sogleich eine schiefe Ebene gegen den vordern nicht beweglichen Rand des Flügels bilden. BORELLI hat schon diesen Einfluss nachgewiesen. Beugungen des Flügels nach der Seite geschehen durch ungleiche Schwingungen beider Flügel, nicht durch Seitwärtsbeugung des Schwanzes, indem Tauben, der Schwanzfedern beraubt, noch gut zu schwenken verste-

hen. Durch die Beugung des Schwanzes wird der hintere Theil des Körpers gehoben, der vordere gesenkt.

In der Unbeweglichkeit des Rückens der Vögel erhält der Rumpf, in dessen unterm Theile der Schwerpunkt liegt, die nöthige Festigkeit zur Ausführung der Schwungbewegungen der Flügel; sein zugespitzter Kopf macht den Vogel zum Durchschneiden der Luft geschickt, und in dem langen Halse besitzt er ein Mittel, durch Verkürzung und Verlängerung den Schwerpunkt zu verändern. Zur Vermehrung der Oberfläche des Flügels dienen nicht bloss die Schwungfedern, sondern auch die Haut, in sofern sie beim Ausstrecken des Flügels im Winkel zwischen dem vordern Rande des Oberarms und Vorderarms, durch einen Muskel, den Spanner der Flughaut, als eine Falte ausgebreitet wird. Im vordern Rande dieser Falte liegt ein elastisches Band, welches in der Ruhe den Vorderarm von der Handwurzel aus gegen den Oberarm anzieht. Der Spanner der Flughaut geht in eine doppelte Sehne über, wovon die eine fibröser Natur, mit dem *Musculus radialis externus longus* und der *fascia antibrachii* zusammenhängt, die andere das elastische Band im vordern Rande der Flügelfalte ist, welches sich an die Handwurzel und Hand befestigt. LAUTH *mém. de la soc. d'hist. nat. de Strasb. T. I.* Die straussartigen Thiere, *Struthio camelus*, *Rhea americana*, *Casuarus indicus*, *Dromaius novae Hollandiae*, und einige Wasservögel wie die *Aptenodytes* und *Alca* fliegen bei der Kleinheit ihrer Flügel gar nicht.

Die Luft in den Knochen der Vögel hat offenbar den Zweck, diese Knochen leichter zu machen, als sie es seyn würden, wenn sie Mark enthielten. Die Anfüllung der Luftsäcke der Vögel, die mit den Lungen in Verbindung stehen, kann übrigens den Vogel nicht specifisch leichter machen, als er sonst ist, da diese Luft fast dieselbe Dichtigkeit wie die atmosphärische Luft hat. Siehe oben I. 2. Aufl. p. 289. Bei vielen Insecten scheint die Anfüllung ihrer sonst zusammengefalteten Flügel mit Luft, innerhalb der sich darin verzweigenden Luftgefäße, zur Steifigkeit und Straffheit der Flügel beizutragen.

Ausser den Vögeln giebt es unter den übrigen Classen der Wirbelthiere auch einzelne Thiere, welche fliegen oder sich wenigstens mittelst Flügelhäute oder langer Flossen einige Zeit in der Luft zu erhalten vermögen. Unter den Säugethieren besitzt die Ordnung der Fledermäuse eine vollkommene Einrichtung ihrer vorderen Extremitäten zum Flug. Die zum Schlagen der Luft bestimmte Fläche wird hier durch eine, zwischen den verlängerten vier Fingern und Mittelhandknochen ausgespannte Haut gebildet, welche auch den Winkel zwischen Oberarm und Vorderarm ausfüllt und auch zwischen den verlängerten Armknochen und den Seiten des Körpers bis zu den Hinterfüßen und von diesen bis zum Schwanz sich hinzieht. Die Flughaut der Fledermäuse enthält auch elastisches Gewebe. Unter den Amphibien waren die vorweltlichen *Pterodactylus* eigentliche Flieger; von ihren Fingern ist jedoch nur der äusserste sehr lange ein Flügelfinger, während die vier übrigen kurz und mit Krallen bewaffnet sind, wie bei den Fledermäusen der Daumen.

Andere Thiere verschiedener Classen haben zwar eine Flughaut zwischen den kurzen, sämmtlich mit Krallen bewaffneten Fingern, zwischen Oberarm und Vorderarm, zwischen den Armen und Beinen, aber diese Haut ist hier nur Fallschirm, wie beim Galeopithecus. Von ähnlicher Art ist die zwischen den vorderen und hinteren Extremitäten der fliegenden Eichhörnchen (Pteromys), der fliegenden Phalanger (Petaurus) und die zwischen den verlängerten hinteren Rippen der Amphibien mit Fallschirm, Draco, ausgespannte Flughaut.

Einige Fische (Dactylopterus, Exocoetus) vermögen sich, mittelst ihrer verlängerten Brustflossen, ein Stück über das Wasser zu erheben.

Kriechen.

Beim Kriechen und Gehen leistet ein fester Körper den Widerstand. Beide unterscheiden sich nicht wesentlich, als dass beim Gehen besondere Extremitäten die Last des Körpers sowohl stützen als projeciren, während beim Kriechen diess nur von aliquoten Theilen des wurmförmigen Körpers geschieht. Beim Gehen werden Winkel der Beine gestreckt und gebogen, beim Kriechen wird der wurmförmige Körper selbst gebogen und gestreckt. Beide Bewegungen können sowohl im Wasser als in der Luft als Medium vor sich gehen. Die Art zu kriechen kann sehr mannigfaltig seyn. Dem Gehen sich annähernd ist dasjenige Kriechen, wo nur zwei Punkte des Körpers auftreten, die übrigen vom Boden erhoben sind. Die Blutegel z. B. befestigen das hintere Ende ihres Körpers an den Boden durch die Saugscheibe, verlängern den Körper, halten sich dann mit dem vordern Ende an, ziehen das Hinterende nach, befestigen dann letzteres wieder und strecken den Körper wieder vorwärts aus. Bei anderen Würmern, z. B. beim Regenwurm, findet dieses Spiel vielfach am Körper statt, und so kann auch der Blutegel kriechen. Da giebt es viele Theile, die sich aufstützen, während andere von der Stütze aus vorgeschoben werden. Zum Aufstützen dienen entweder sich anlehrende Ringe oder Borsten, oder Fussstummel mit Rauigkeiten wie bei den Raupen. Am merkwürdigsten und räthselhaft ist das Kriechen der Schnecken auf der Fläche ihres Fusses, besonders wenn es auf glatten Körpern, z. B. Glas, geschieht. Hier sieht man, bei ganz gleichmässigem Fortrücken des Körpers auf der glatten Fläche, nur ein Spiel der kleinsten Theile des muskulösen Fusses und eine wellenförmige Bewegung über die Fläche des Fusses hingehen. Da keine anderen Apparate zum Stützen, wie es für die Bewegung in einer Richtung nothwendig ist, vorhanden sind, so bewirkt wahrscheinlich die Sohle durch Erheben einzelner Theile oder Ansaugen, die schnell vorübergehende Fixation, die bald wieder anderen Theilen übertragen wird.

Das Kriechen der Schlangen ist sehr eigenthümlich, indem der Körper beständig und schnell in einer horizontalen Wellenlinie fortrückt, so dass jeder Punkt des Körpers dieser Wellenlinie folgt. Das Stützen und Stemmaen geschieht durch Auftreten mittelst des Endtheils der Rippen, wobei die sich aufstemmenden Schuppen mitwirken, während die hinter den Stütz-

puncten liegenden Theile gegen die gestützten nachgezogen und andere vorgeschoben werden.

Gehen und Laufen. (Nach W. und E. WEBER.)

Beim Schwimmen wird der Körper ganz oder zum Theil vom Wasser getragen und seine Kraft grösstentheils nur für die Projection der Masse in Anspruch genommen. Beim Flug trägt das Medium den Körper nicht, und es wird so viel Kraft in Anspruch genommen, dass das jedesmalige Fallen nach einer Projection wieder aufgehoben wird. Beim Gang wird der Körper durch seine Kraft getragen und fortbewegt, und das Eigenthümliche dieser Bewegung liegt noch darin, dass der Körper abwechselnd durch die eine auf den Boden gestützte Extremität getragen wird, während er durch die andere projicirt wird. Ein Kahn, der vom Wasser durch Stemmen eines Stabs gegen den Boden bewegt wird, würde die eine Hälfte dieser Bewegung repräsentiren. Was hier das Wasser zum Tragen der Last thut, muss bei der Bewegung des Ganges in der Luft durch eine Extremität geschehen. Beim Sprung, wo der Körper auf einen Zeitabschnitt, durch die ihm mitgetheilte Projection, schwebend erhalten wird, fällt dieses zweite Moment der Bewegung bis zum Ende des Sprunges aus. Hier erhält sich der Körper, wie beim Flug, durch dieselbe Bewegung, die ihn projicirt; während das zur Stütze dienende Medium verschieden, nämlich fester Körper ist. Am Ende der Wirkung eines Flügelschlags wird der Körper des Vogels durch eine neue Projectionsbewegung vor dem Fallen gesichert, am Ende der Sprungbewegung hindert den Körper die eigene Unterstützung seiner selbst vor dem Fallen.

Das Mittel, durch welches diese Bewegungen ausgeführt werden, ist die Streckung zweier in entgegengesetzter Richtung gebogener Gelenke, namentlich des Fussgelenks und Kniegelenks. Hierdurch wird die Projection des Schwerpunkts ausgeführt, während die zweite Extremität die Last gegen das Ende dieser Projection trägt. Beide Extremitäten wechseln im Tragen und Bewegen der Last ab. Da diese Bewegungen jedesmal von der Seite ausgehen, so erhält der Rumpf von der sich streckenden Extremität nicht bloss den Impuls nach vorwärts, sondern auch etwas nach der entgegengesetzten Seite. Dagegen fällt der Arm jedesmal auf der Seite vor, wo die Extremität in der Streckung begriffen ist.

Die Untersuchungen von EDUARD WEBER über die Gelenke, und diejenigen von E. WEBER und W. WEBER über die Bewegungen des Gehens und Laufens haben uns noch mit vielen bisher übersehenen, diese Ortsbewegungen betreffenden, merkwürdigen physikalischen Thatsachen und ihren Gesetzen bekannt gemacht. Durch die Entdeckungen dieser Forscher ist die Physik dieser Bewegungen erst zu einer rationellen Schärfe gebracht worden. Die wichtigsten Aufschlüsse, welche sie geliefert, theile ich hier in kurzem Auszuge aus ihren Werke mit.

Obenan und als Schlüssel zu vielen anderen merkwürdigen Thatsachen steht die Entdeckung von E. WEBER, dass der Schenkelkopf durch die blossе Schwere der Extremität von der ihm

genau anpassenden Fläche der Pfanne nicht entfernt, dass er vielmehr durch den blossen Luftdruck dicht an der Pfanne anliegend zurückgehalten wird und in dieser Lage seine Bewegungen ausführt. Werden die Muskeln um das Hüftgelenk sämmtlich durchschnitten, so fällt der Kopf von dem Gewichte der Extremität nicht aus der Pfanne. Sobald aber der Luftdruck auf die Oberfläche des Schenkelkopfes wirken kann, indem ein Loch vom Becken aus in die Pfanne gebohrt worden ist, fällt der Kopf sogleich herab. Die drei Gebrüder WEBER haben auch den Einfluss der Luftpumpe auf das Gelenk untersucht; Prof. MAGNUS und ich waren bei diesen Versuchen zugegen. Das Hüftgelenk eines Menschen ward rein präparirt, das Oberschenkelbein bis unter die Trochanteren abgeschnitten, darauf die Kapsel vorsichtig rundum geöffnet; das Schenkelstück mit einem Gewicht von zwei Pfund beschwert und das Hüftgelenk in einer Glocke aufgehängt. Als die Luft aus dieser Glocke bis auf einen Zoll Druck entfernt war, senkte sich der Kopf ziemlich rasch sieben Linien, ohne jedoch das Labium cartilagineum zu verlassen; und als die Luft wieder zugelassen wurde, stieg er schnell wieder auf. Selbst als man den Kopf mit Gewalt aus der Pfanne entfernt und ihn dann wieder fest eingedrückt hatte, so dass die Luft zwischen Pfanne und Kopf entwich, haftete er fest und konnte durch senkrechten Zug schwer ausgezogen werden. Das Gelenk, wieder dem luftleeren Raum ausgesetzt, zeigte dieselben Erscheinungen; aber nun fiel der Kopf bei einem Zoll Luftdruck wirklich aus. Dasselbe Verhalten scheint bei allen Nussgelenken Statt zu finden. Es geht aus dieser wichtigen Entdeckung hervor, dass die frei schwebende Extremität ihr Verhältniss zum Gelenk bei allen Rotationen durch den blossen Luftdruck behält; daher eine Ausweichung des Schenkelkopfes durch blosse Erschlaffung der Muskeln nicht möglich ist. Beim Ersteigen der höchsten Gebirge, wo die Luft sehr verdünnt ist, muss dagegen die Kraft der Muskeln nöthiger werden, die Köpfe der Gelenke in ihren Pfannen zu erhalten, und es scheint, dass die eigene Art von Müdigkeit, welche auf hohen Gebirgen Reisende an sich beobachtet haben, auf diese Rechnung kommt. Also erst im luftverdünnten Raum können die Gelenke schlaff und schlotternd werden.

Die Gebrüder WEBER haben ferner auf die Wichtigkeit der Pendelschwingungen der Extremitäten beim Gehen aufmerksam gemacht. Steht der Körper durch das eine Bein auf einer erhobenen Unterlage, so kann das andere Bein, in Bewegung gesetzt, wie ein Pendel hin und her schwingen. Diese Schwingungen können auch statt finden, wenn man mit dem einen Beine auf ebenem Boden steht, sofern das andere Bein dann so viel gebeugt wird, dass es nicht aufstösst. Die Dauer dieser Schwingungen hängt, wie die Schwingungsdauer eines Pendels, von der Länge des Beins und davon ab, wie die Masse desselben vertheilt ist. Die Schwingungen erfolgen also bei Menschen mit kurzen Beinen geschwinder, mit langen Beinen langsamer; bei demselben Menschen ist aber die Zahl dieser Schwingungen in einer Zeit immer dieselbe. Durch diese Eigenschaft der Beine und dadurch,

dass der Schritt des vorher gestreckten hintern Fusses mit einer Pendelschwingung anhebt, ist die grösste Regelmässigkeit der Schritte möglich, selbst wenn unsere Aufmerksamkeit nicht gerade auf das Gehen gerichtet ist. Beim Gehen ist das in der Pendelschwingung begriffene Bein etwas gebeugt, um nicht anzustossen.

Im Allgemeinen ist nun der Mechanismus des Gehens folgender. Beide Beine wechseln in der Function, den Rumpf zu tragen, ab, und der Moment, wo die Extremität trägt, geht also bald in denjenigen über, wo sie durch Erhebung der Ferse den Rumpf zugleich projicirt. Im Moment, wo die Projectionsbewegung von dem hintern Fuss *A* vollführt ist, ist der Körper auf dem Beine *B* gestützt, aber diese stützende Extremität rückt während der Projectionsbewegung des Körpers in eine schiefe Richtung, um, während das Bein *A* die Pendelschwingung nach vorwärts zum neuen Schritte macht, sich durch Abwickeln der Fusssohle vom Boden zu verlängern und dem Körper einen neuen Impuls zu geben. Die in der Schwingung nach vorwärts befindliche Extremität *A* wird nun die stützende, u. s. f. Die Gebrüder WEBER vergleichen die Abwicklung der Fusssohle vom Boden mit einem auf dem Boden fortrollenden Rade. Durch diese Abwicklung der Sohle wird der Schritt um die ganze Länge des Fusses verlängert. Man kann bei jedem Schritte zwei Zeiträume unterscheiden, einen, wo der Körper mit dem Boden nur durch ein Bein, und einen kürzern, wo er durch beide Beine in Verbindung steht. Nur beim schnellsten Gehen, wo das Gehen an das Laufen grenzt, findet ein solcher Wechsel statt, dass das eine Bein zu tragen anfängt, wenn das andere zu tragen aufhört. Beim gewöhnlichen Gehen giebt es zwischen beiden Zuständen einen Uebergangszustand, und dieser dauert von da an, wo das vordere Bein aufgesetzt wird, bis da, wo das hintere Bein den Boden verlassen hat. Nach WEBER ist dieser Zeitraum beim langsamen Gehen ungefähr halb so gross als der, wo man auf einem Beine steht. Je geschwinder man geht, um so kleiner wird er.

Der Rumpf bleibt beim Gehen vorwärts geneigt, und diess ist nothwendig zum leichten Gehen, denn es ist unmöglich, einen senkrechten, auf den Fingern balancirten Stab vorwärts zu bewegen, ohne dass er falle. Wollte man bei senkrechter Haltung des Körpers gehen, so müsste eine Muskelkraft in jedem Augenblicke das Gleichgewicht, das durch den Widerstand der Luft gestört wird, wieder herstellen. Beim geschwinden Gehen kömmt Folgendes zusammen: eine grössere Neigung des Rumpfes, ein kleiner oder gar kein Zeitraum, wo man auf beiden Beinen steht, Grösse und Geschwindigkeit der Schritte. Die Grundbedingungen zu allen diesen Wirkungen liegen, wie W. und E. WEBER zeigen, in der geringern Höhe, in welcher man die beiden Schenkelköpfe über dem Boden hin trägt. Die Schritte sind, wenn jene niedrig getragen werden, grösser, weil das Bein, welches auftreten soll, beim Gehen nur wenig sich von der verticalen Lage entfernen kann, wenn sein oberes Ende hoch liegt. Die Schritte sind also bei einer niedrigen Lage der Schenkelköpfe grösser. Aber auch

der Schritt hat unter diesen Umständen kürzere Dauer; denn je tiefer die Schenkelköpfe beim Gehen liegen, desto geneigter wird die Lage des stemmenden Beines und desto grösser, geschwinder die Bewegung, welche es dem Rumpfe mittheilt. Was ferner die Zahl der Schritte betrifft, die man beim Gehen in gegebener Zeit macht, so hängt sie theils von der Länge des pendelartig nach vorn schwingenden Beines, theils von der frühern oder spätern Unterbrechung dieser Schwingung durch das Aufsetzen des schwingenden Beines ab. Je länger das Bein ist, um so langsamer erfolgen seine Schwingungen, abgesehen von einer durch Muskelanstrengung beschleunigten Bewegung des nach vorn schwingenden Beines. Abgesehen von dieser möglichen Beschleunigung giebt es daher bei jedem Menschen eine gewisse grösste Zahl der Schritte, die beim bequemen Gang nicht überschritten werden kann. Sie tritt dann ein, wenn das schwingende Bein nach Zurücklegung der Hälfte seiner Schwingung schon aufgesetzt wird. Aber die Aufeinanderfolge der Schritte kann verlangsamt werden, wenn man dem schwingenden Beine Zeit lässt, vor dem Auftreten einen grössern Theil seines Schwingungsbogens, als die Hälfte zurückzulegen.

Es liegt in der Natur des Ganges, dass der Körper je nach den Zeitmomenten der Impulse sich etwas heben und dann wieder senken müsse. Diese verticalen Schwankungen sind indess, weil die Beine sich verlängern und verkürzen können, sehr klein und betragen nach WEBER nur etwa 32 Millimeter.

Die Schwingungen der Arme geschehen immer in entgegengesetzter Richtung von den Schwingungen der Beine. Das stemmende Bein ertheilt dem Rumpfe einen Impuls, dessen Folge das Vorfallen des entgegengesetzten Beines und beider Arme seyn könnte. Indess fällt mit dem entgegengesetzten Bein immer nur der mit dem stemmenden Bein gleichnamige Arm vor, während der andere Arm in der Rückwärtsschwingung ist. Diese Vertheilung der Schwingungen, die wir uns so angewöhnen, dass sie ungerufen eintritt, trägt zur Erhaltung einer guten Haltung und des Gleichgewichts nicht wenig bei. So fällt nämlich auf jeder Seite gleichzeitig ein Glied, einerseits ein Bein, anderseits ein Arm vor, und es werden dadurch die Fehler corrigirt, welche in der Bewegung des Rumpfes durch die Vorwärtsschwingung des Beines entstehen können.

Beim Laufen ist das characteristisch, dass immer nur ein Bein den Boden berührt, statt dass es beim Gehen einen Zeitpunkt giebt, wo beide Beine auf dem Boden stehen. Bei schnellerm Laufen tritt sogar ein Zeitpunkt ein, wo der Körper weder von dem einen, noch von dem andern Bein gestützt wird und eine kurze Zeit vermöge einer ihm ertheilten Wurfbewegung in der Luft schwebt.

Das Gehen der Vierfüsser findet im Allgemeinen nach denselben Principien statt, wie das Gehen der Zweifüsser; nur giebt es hier eine grössere Zahl von Modificationen in Hinsicht der Art, wie die Thiere auftreten, und in Hinsicht der Folge oder Gleichzeitigkeit der Actionen der Glieder. Manche Thiere, wie die Affen und Plantigraden (*Ursus*, *Procyon*, *Nasua* u. a.), treten

mit der Sohle auf. Bei den Beutelthieren erhebt sich die Fusswurzel schon; die Digitigraden unter den Carnivoren und die Nager gehen ganz auf den Zehen allein; unter den Digitigraden das Katzengeschlecht auf den zwei hinteren Phalangen, während die Krallenglieder durch elastische Bänder beim Gehen zurückgezogen sind. Die Schweine, Einhufer, Wiederkäuer treten nur mehr auf dem letzten Zehengliede auf; bei den Wiederkäuern sind es die letzten Glieder zweier Zehen, während die Rudimente zweier anderen den Boden nicht erreichen, und bei den Pferden ist nur eine einzige, mit dem äussersten Gliede auftretende Zehe übrig geblieben.

Aber auch die Zusammenwirkung der vier Extremitäten ist beim Gange äusserst verschieden. Der Hauptantrieb der Bewegung geschieht hier durch die Hinterfüsse und durch die Entwicklung ihrer Gelenke. Die Vorderfüsse dienen hauptsächlich zur Stütze, seltner bei unvorthailhaft zum Gehen organisirter Structur der Hinterfüsse, um ihnen, wenn sie ausgestreckt sind, den Körper nachzuziehen, wie bei den Faulthieren.

I. Schritt. Er besteht aus vier verschiedenen Actionen, und die vier Füsse treten nach einander in bestimmter Ordnung vor, ^{a b}_{c d}. Zuerst z. B. *a*, dann *d*, dann *b*, dann *c*. Also die diagonalen Füsse treten nach einander vor, sie bilden im nächsten Augenblick die Stützen, wenn nämlich durch die Entwicklung der Gelenke des andern aufstehenden Hinterfusses, desjenigen der zuhinterst steht, der Körper den Impuls erhält. Während dieser Projection nach vorn, auf die Stütze der diagonalen vorgesetzten Füße wird der mit dem stemmenden Hinterfuss diagonale Vorderfuss vorgesetzt, und der in der Stemmung gewesene Hinterfuss rückt ihm sogleich nach. Nun übernehmen die diagonalen stützenden Extremitäten die Rolle der anderen. Der vorher stützende Hinterfuss ist nun der hinterste und wird jetzt der stemmende. Diess ist die gewöhnlichste Gangart sowohl bei den Säugethieren als bei den Amphibien.

II. Pass. Beim Passgang wird der Körper abwechselnd auf die beiden Füße derselben Seite geschoben und wankt daher von einer zur andern Seite. Man sieht diese Gangart zuweilen bei jungen und schwachen Pferden, auch bei der Giraffe.

III. Trab. Er hat nur zwei Momente, indem jedesmal zwei Extremitäten, nämlich die diagonalen, zugleich auftreten. Die gewöhnliche schnellere Gangart unter den Säugethieren, zuweilen auch bei Amphibien, z. B. Salamandern.

IV. Galopp. Drei Momente. Auf den Hinterbeinen erhebt sich der ganze Körper und wird durch Stemmung derselben vorwärts geworfen. Die Vorderfüsse treten in zwei Momenten, nämlich nach einander, von der Rechten zur Linken (Galopp zur Rechten), oder von der Linken zur Rechten (Galopp zur Linken) auf, darauf springt das Hintertheil durch Entwicklung der Gelenke vom Boden auf und beide Hinterfüsse werden vorgesetzt u. s. w. Je höher die Hinterfüsse sind, um so mehr muss das Thier bei dem Stemmen der Hinterfüsse, wodurch die Bewegung des Rumpfes nach vorn geschieht, den vordern Theil des Kör-

pers heben, damit dieser nicht überfalle. Dieses Bäumen haben z. B. die Hasen und Mäuse u. a. nöthig. Diese Thiere würden wie die anderen Vierfüßer unbequem gehen. Ihr Gang ist dem Tempo des Sprunges ähnlich. Die Nager, auf der Ebene gehend schreiten mit den Vorderfüßen und setzen die Hinterfüße im nächsten Tempo nach. Eine Art der Bewegung, die auch bei den Fröschen vorkommt.

V. *Galopp forcé*. Zwei Momente. Unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, dass auch die Vorderfüße gleichzeitig aufgesetzt werden.

CUVIER macht bereits darauf aufmerksam, dass die Gelenke der Säugethiere bei ihren Gangbewegungen sich in Ebenen beugen und strecken, welche der Wirbelsäule fast parallel sind. Bei den eierlegenden Vierfüßern, wie Eidechsen und anderen, sind dagegen die Kniegelenke und Ellenbogengelenke mehr, oft sehr auswärts gerichtet, was wieder Einfluss auf die Stellung der Füße hat. Daher denn die Spur dieser Thiere schon aus der Stellung der Füße von der eines Säugethiers zu unterscheiden ist.

Sprung. (TREVIRANUS *Zeitschrift f. Physiol.* IV. 1. 87.)

Der Sprung ist eine Ortsbewegung des thierischen Körpers, die durch längere gänzliche Erhebung vom Boden sich auszeichnet. Sie geschieht, bei vollem Sprunge, durch Entwicklung oder Strecken dreier Gelenke, die hinter einander in entgegengesetzten Richtungen vor dem Sprunge gebogen sind, des Hüftgelenks, des Kniegelenks und Fussgelenks. Vor dem Sprunge steht entweder die ganze Sohle auf, oder nur die Zehen; im ersten Fall wird bei der Streckung des Fussgelenks die ganze Sohle abgewickelt, im zweiten Fall das in der Vorbereitung zum Sprung schon gestreckte Fussgelenk noch stärker gestreckt. Der Körper ist immer gegen den Oberschenkel vorher geneigt. Eine gleichzeitige Entwicklung dieser drei Gelenke ist nöthig zu einer so kräftigen Bewegung, die den Körper vom Boden bedeutend zu erheben vermag. Wäre kein Widerstand vorhanden, so würde die Streckung eine Verlängerung des Körpers an beiden entgegengesetzten Enden hervorbringen. Das Hinderniss des Bodens ist die Ursache, dass, indem der Impuls dem Schwerpunkte des Körpers mitgetheilt wird, dieser eine Wurfbewegung in der mittlern Richtung der sich entwickelnden Gelenke beschreibt. Die Richtung des Sprunges hängt nicht allein von der Neigung eines der Glieder der Extremitäten ab, und es ist z. B. nicht nöthig, um senkrecht zu springen, dass der Unterschenkel eine fast senkrechte Richtung gegen den Fussboden erhalte, wie TREVIRANUS a. a. O. behauptet. Die Neigung des Unterschenkels gegen den Boden kann eine ganz beliebige seyn, und doch lässt sich dabei sowohl nach vorn als nach rückwärts und aufwärts springen. Die Hülfsmittel, welche wesentlich beim Sprung nach hinten dienen, werden deutlicher, wenn man diesen Sprung mit den allereinfachsten Hülfsmitteln zu machen sucht. Man kann nämlich ohne allen Antheil des Fussgelenks nach hinten springen oder hüpfen, wenn man sich auf die Kanten der Absätze der Schuhe stellt und eine kräftige Streckung des vorher gebogenen Kniegelenks vollzieht, ohne eine Bewegung

im Hüftgelenk wahrzunehmen. In diesem Fall erhält der Körper eine schiefe Bewegung in der Richtung einer zwischen der Ferse und dem Hüftgelenk gezogenen Linie, und da diese Linie hinter den vom Schwerpunct auf die aufstehenden Hacken fallenden Perpendikel fällt, so erhält der Körper im Hüftgelenk einen Impuls nach aufwärts und rückwärts.

So kann man auch bei aufstehender ganzer Sohle, ohne dass sich das Fussgelenk streckt, nach hinten durch Streckung des Kniegelenks springen. Der Fall, wo man auf den Zehen stehend nach hinten springt, ist ganz derselbe, der Stützpunkt ist nur ein anderer; der Impuls erfolgt auch durch das Kniegelenk. Daher kann man, sobald das Hüftgelenk bis in den Perpendikel des Schwerpunctes oder des Stützpunktes gebracht wird, nicht mehr nach hinten springen.

Man kann auch auf den Hacken stehend nach vorwärts springen, so dass die Entwicklung des Fussgelenks keinen Antheil am Sprung hat. Beobachtet man sich dabei, so sieht man, dass das Knie auch seine gebeugte Stellung beim Sprung fast unverändert behauptet, dass aber der Winkel zwischen Rumpf und Oberschenkel jedesmal sehr stark gestreckt wird und dass der ganze Rumpf an diesem Sprung oder Hüpfen Antheil hat. Die beiden Schenkel des sich streckenden Bogens sind hier, der eine die ganze steifgehaltene Extremität von der Hacke bis zum Schenkelkopf, der andere Schenkel der ganze Rumpf; beide Schenkel dieses Winkels streben sich in eine Direction zu strecken, die vor den Perpendikel des Stützpunktes fällt.

Man kann ferner mit steifgehaltenem, gebeugtem Kniegelenk durch blosse Entwicklung des Fussgelenks vorwärts springen oder hüpfen, wenn die Linie, welche die beiden Schenkel dieses Gelenks zu erzielen streben, sich nach vorwärts über den Perpendikel des Stützpunktes neigt.

Endlich kann man mit Gebrauch aller Gelenke vorwärts und rückwärts springen, sobald die mittlere Direction, welche die verschiedenen Gelenke dem Körper ertheilen, vorwärts oder rückwärts ist, oder die Richtung ihrer Entwicklung über den Stützpunkt hinaus fällt.

Das senkrechte Springen kann bei jeder Neigung der verschiedenen Gelenke erfolgen, mag aus der Lage des einen oder andern die Direction nach vorwärts oder rückwärts folgen, wenn die verschiedenen Impulse sich nur compensiren, so dass die mittlere Direction nach aufwärts hervorgeht.

Bei den Vierfüßern kommt der Sprung in doppelter Weise vor: als Sprung bei Unterstützung des Körpers durch die Vorderbeine und ohne diess. Im ersten Fall wird der Körper auf den Hinterbeinen aufgebäumt, durch Stemmung derselben vorwärts geworfen, die Vorderfüsse sodann aufgesetzt und die Hinterfüsse nachgezogen.

Springer, ohne Gebrauch der Vorderfüsse, sind mehrere Säugethiere mit sehr langen Hinterbeinen und sehr kleinen Vorderbeinen, zum Theil aus der Ordnung der Nager, wie die Spring-

mäuse, *Dipus*, *Pedetes*, zum Theil aus der Ordnung der Insectenfresser, wie *Macroscelides*, zum Theil aus der Ordnung der Beutelhüther, wie *Halmaturus*. Ferner gehören hieher viele hüpfende Vögel, namentlich Passerinen, unter den Amphibien die Frösche.

Klettern.

Der Mechanismus des Kletterns ist hinlänglich bekannt. Die Kletterer fixiren sich zum Theil durch ihre Nägel, wie die Katzen, Eichhörnchen, Didelphen, Phalangisten, und die Klettervögel mit einer oder zwei nach hinten gerichteten Zehen, einige, wie die Didelphen und Phalangisten, durch einen Greifschwanz und sogar einen abgesonderten entgegensetzbaren Hinterdaumen. Andere Thiere werden durch die Länge und Freiheit der Zehen, wie die Affen, deren Vorder- und Hinterdaumen zugleich entgegensetzbar ist oder zugleich durch ihren Greifschwanz, wie die Heulaffen *Mycetes* und die *Cebus* zum Umfassen der Körper geschickt. Die daumenlosen Affen, *Ateles*, sind beim Klettern durch die Länge ihrer Finger und Zehen und durch ihren Greifschwanz nicht weniger geschickt. Unter den Zahnlosen sind einige Ameisensfresser und die Faulthiere Kletterer durch die Fähigkeit ihre langen Krallenglieder einzuschlagen, die Kletterer unter den Ameisensfressern auch durch ihren Rollschwanz. Sowohl die Ameisensfresser als die Faulthiere gehen wegen der Länge der Krallen schlecht; auch treten sie vorzugsweise mit der äussern Seite des Fusses auf. Die Faulthiere sind wegen der unverhältnissmässigen Länge der Arme und Vorderarme zum Gehen auf den Füssen so ungeschickt, dass sie sich beim Gehen auf ihre Ellenbogen stützen. Gleichwohl ist es fehlerhaft diesen Thieren eine stiefmütterliche Ausstattung von Seiten der Natur zuzuschreiben, da ihre Glieder zum Heben und zur Bewegung auf Bäumen durchaus geschickt gebildet sind. Unter den Amphibien sind diesen Thieren die Chamäleone zu vergleichen, deren Finger gar, wie bei den Klettervögeln, in eine vordere und hintere Abtheilung zum Greifen zerfallen. Sie haben einen Wickelschwanz.

Welchen mannigfaltigen Veränderungen die Extremitäten der Wirbelthiere für den verschiedenen Zweck des Fliegens, Schwimmens, Greifens, Kletterns, Gehens, Grabens unterworfen sind, hat die vergleichende Anatomie ausführlicher zu entwickeln. Welche Verschiedenheit zwischen der Hand des Rochens und des Einhufers! Dort überwiegende Zahl der zur Flosse verbundenen Finger und überwiegende Zahl der Phalangen, ohne Oberarm und Vorderarm, während bei den fischartigen Säugethieren vermehrte Zahl der Phalangen wiedererscheint, aber zugleich ein verkürzter Oberarm und Vorderarm vorhanden sind; bei den Einhufern an dem andern Extrem Reduction der Hand und des Fusses auf einen einzigen Finger. Ueber die physiologische Bedeutung der Hand in den verschiedenen Thierordnungen, siehe CH. BELL *the hand*. Lond. 1834.

Ein Blick auf die Gliederthiere in Hinsicht auf ihre Bewegungen, insbesondere ihre Gangbewegungen, nimmt zuletzt das Interesse des Naturforschers in Anspruch. Bedienen sich viele ihrer Gangfüsse (*Hydrophilus* u. a.) oder gewimperter Ruder-

füsse (Dytiscus, Notonecta u. a.) als Ruder, so erheben sich die Hydrometren auf die Oberfläche des Wassers und bieten uns das merkwürdige Schauspiel dar, dass ein leichter Thierkörper auf der Oberfläche des Wassers forthüpft, während seine Füße auf das Wasser auftreten. Der Gang der Insecten auf dem Lande erscheint so behende und regelrecht, als man es auf den ersten Blick bei der vermehrten Zahl der Extremitäten nicht erwarten sollte. Jede Action, an der viele Glieder theilnehmen, wird durch eine bestimmte Ordnung derselben gefördert; so sehen wir auch den Gang der Insecten trotz der sechs Extremitäten ganz einfach. Beobachtete ich den Gang langsam gehender Insecten, so sah ich deutlich, dass jedesmal drei Extremitäten gleichzeitig vor- und auftreten, sie werden vorgesetzt und stützen, während die drei anderen durch Stemmung den Körper des Insects fortschieben. Zugleich treten nämlich der hinterste und vorderste Fuss der einen Seite und der Mittelfuss der andern Seite auf, im nächsten Moment werden die äussersten Füße dieser Seite und der Mittelfuss jener Seite aufgesetzt; so dass bei zwei Schritten alle Füße des Insects in Thätigkeit gewesen sind. Beim Gehen der Spinne, mit acht Füßen, scheinen jedesmal vier Extremitäten aufzutreten, während die vier anderen sich erheben; die Beobachtung ist hier viel schwieriger als bei den Insecten, doch scheint es, dass zwischen zwei aufgesetzten stützenden Füßen immer ein abtretender und sofort sich erhebender liegt. Ja selbst bei den Asseln mit 14 Füßen scheint eine ganz regelmässige Ordnung in der gleichzeitigen Action einer gewissen Anzahl Glieder stattzufinden, während die schnell ablaufende Action der Glieder den Gesamtausdruck einer wellenförmigen Bewegung darbietet.

Manche leichten Thiere, namentlich Insecten, sind mit Organen an den Füßen bewaffnet, die ihnen zum Festhalten an selbst glatten, senkrechten Flächen oder gar zum Haften an der Decke dienen. HOME *philos. Transact.* 1824. *lect. on comp. anat.* 4. T. 81. Hieher gehören die Organe an den Sohlen der Fliegen, welche vielleicht in der Mitte eingezogen werden können und als Saugwerkzeuge dienen, und mehrere ähnliche Apparate bei anderen Insecten, die entweder eine innige Berührung und Adhäsion oder ein wirkliches Ansaugen vermitteln. Unter den Amphibien beobachten wir ein ähnliches Beispiel an den Gecko, deren Finger und Zehen an der Unterseite mit regelmässigen Querfalten (wie das Ansaugungsorgan am Kopfe der Echeneis) besetzt sind, durch deren Aufrichtung wahrscheinlich ein hohler Raum und das Anheften bewirkt wird. Diese Thiere sollen an senkrechten Flächen und selbst an der Decke hinlaufen können. Hier ist auch der Ort des Mechanismus zu erwähnen, durch welchen manche Thiere in einer Stellung, die viele Muskelanstrengung zu erfordern scheint, sich mit Leichtigkeit erhalten können. Das Stehen der Thiere und des Menschen geschieht durch eine fortwauernde Anstrengung der Streckmuskeln; indess ist das Stehen bei einigen Thieren durch mechanische Vorrichtung sehr erleichtert und kann dann Tag und Nacht ohne Ermüdung geschehen. Die Störche und mehrere andere Vögel stehen oft unausgesetzt

auf einem Beine, schlafen sogar in dieser Stellung. CUVIER erwähnt bereits die eigenthümliche Bildung des Fussgelenks beim Storch, wodurch diess erzielt wird. In der Mitte der vordern Fläche des untern Endes des Unterschenkels befindet sich nämlich eine Grube, welche einen Vorsprung der Fusswurzel aufnehmen kann. Erst indem dieser Vorsprung, der bei der Streckung unter der Grube zwischen den Verlängerungen der Rolle des Unterschenkels liegt, in jene Vertiefung ausweicht, tritt das Fussgelenk in Beugung. Dieser Beugung wirken Bänder gleich Federn entgegen. MACARTNEY in *Transactions of the Royal Irish Academy*. XIII. 20. Dieser Mechanismus, welcher das Stehen der langfüssigen Vögel erleichtert, ist indess von der Natur nicht überall angewandt worden, wo wir doch die Thiere zum langen Stehen auf einem Beine fähig sehen. So z. B. schlafen die Enten auf einem Beine stehend und haben jenen Mechanismus nicht. Diess überzeugt uns, dass im Schlafe selbst eine mit Erhaltung des Gleichgewichtes stattfindende Action der Streckmuskeln von der Provinz der Centralorgane, von welcher alle Ortsbewegungen ausgehen, beherrscht werden kann.

Das Festhalten der Füße beim Sitzen auf denselben, wird denjenigen Vögeln, die in dieser Stellung schlafen, durch eine Einrichtung erleichtert, auf welche BORELLI zuerst aufmerksam macht. VICQ D'AZYR hatte diese Erklärung in Zweifel gezogen. CUVIER hat sie und offenbar mit Recht in Schutz genommen. Die Sehnen der Zehenbeuger gehen nicht allein unter dem Fussgelenk hin und ziehen die Zehen bei der Beugung des Fussgelenks an, sondern sie können auch noch durch einen an der innern Seite des Schenkels liegenden accessorischen Muskel (Beimuskel der Zehenbeuger), dessen Sehne über das Knie weggeht, angezogen werden. Die Beugung beider Gelenke durch das Gewicht des Körpers, muss daher zugleich die Zehen beugen und das Festhalten der Füße bewirken, wie denn selbst im Tode diese Wirkungen durch Beugen der Gelenke erfolgen.

Man kann an ein ähnliches Verhältniss anderer Muskeln beim Hunde erinnern. Wird der Schenkel des Hundes im Knie gestreckt, so wird zugleich der Gastrocnemius gespannt und die Ferse angezogen. Daher ein Hund selbst nach Durchschneidung des Nervus ischiadicus noch etwas auftreten kann, sobald die Streckmuskeln des Oberschenkels, die von der Durchschneidung jenes Nerven nicht betheiligt sind, den Unterschenkel strecken.

III. Abschnitt. Von der Stimme und Sprache.

I. Capitel. Von den allgemeinen Bedingungen der Tonerzeugung.

Die Ursache von der Stimme und Sprache angegebener Töne sind zwar an und für sich keine Muskelbewegungen, sondern die Schwingungen eines eigenthümlichen und einem musikalischen Instrumente vergleichbaren Werkzeuges; in sofern aber die zum Tonangeben nöthige Spannung des Instrumentes und die Höhe und Folge dieser Töne durch Muskelbewegungen bestimmt werden, gehört die Untersuchung der Stimme und Sprache zunächst unter den Abschnitt von den Bewegungen. Es ist zuerst nöthig, die allgemeinen Bedingungen der Tonerzeugung kennen zu lernen, ehe wir in die Untersuchung der menschlichen Stimme eingehen können.

Ein plötzlicher mechanischer Impuls auf das Gehörorgan kann eine Gehörempfindung hervorrufen, wie des Knalles, wenn die Einwirkung heftig war, oder des Geräusches, wenn sie schwach war. Das schnelle Ausströmen der comprimirtten Luft, das schnelle Einströmen der Luft in einen luftverdünnten Raum bringen den Eindruck des Schalles auf das Gehörorgan hervor, wenn diese Erschütterung der Luft dem Gehörorgan mitgetheilt wird. Dass aber Töne von gleichbleibendem und vergleichbarem Werthe empfunden werden sollen, dazu ist nur eine gewisse Art des mechanischen Impulses hinreichend, nämlich eine schnelle Wiederholung des gleichen Impulses in sehr kurzer Zeit. Von der Häufigkeit dieser Impulse oder Stösse hängt die Empfindung der Tonhöhe ab. Die pendelartigen Schwingungen eines tönenden Körpers sind in den meisten Fällen, indem diese Schwingungen bis zum Innern des Gehörorgans und Gehörnerven geleitet werden, die Ursache zum Hören der Töne. Geht man von der Thatsache aus, dass die tönenden Körper elastisch sind, entweder durch Cohärenz, wie die steifen tönenden Körper, oder durch ihren Druck oder Expansionsstreben, wie die Gase, oder durch Spannung, wie die Saiten, und dass alle diese tönenden Körper beim Tonangeben schwingen, so liegt die Vorstellung nahe, dass die Schwingungen allein die wesentliche Ursache des Tönens sind. Man würde sich jedoch eine falsche Vorstellung von der Natur des Tons machen, wenn man glaubte, dass die pendelartige Bewegung oder die Schwingung, zuletzt dem Gehörnerven selbst mitgetheilt, zur Erzeugung der Tonempfindung in diesem Nerven nothwendig wäre. Es scheint vielmehr, dass auch bei den Tönen, die durch Schwingungen der tönenden Körper entstehen, die in Folge der Schwingung regelmässig sich wiederholenden Stösse, welche dem Hörnerven mitgetheilt werden, die nächste Ursache zur Tonempfindung sind. Diess ergiebt sich aus der Untersuchung derjenigen Töne, welche gar nicht durch Schwingungen eines elastischen Körpers, sondern durch blosse schnell aufeinanderfolgende Stösse entstehen. Wird ein Splitter Holz gegen die Zähne eines schnell umlaufenden Rades gehalten, so wird

jeder Stoss der Zähne als Impuls auf das Gehörorgan die Empfindung des Geräusches hervorbringen. Wird aber das Rad sehr schnell gedreht, dass die Stösse des Rades nicht mehr unterschieden werden, so wird statt der einzelnen Stösse ein Ton vernommen, dessen Höhe mit der Schnelligkeit der Stösse zunimmt. Von noch grösserm Interesse für die Kenntniss der wesentlichen Ursache der Tonerzeugung, als einer schnellen Folge von Stössen, sind die Töne, welche durch einen schnell mit Regelmässigkeit unterbrochenen Strom einer gasförmigen oder tropfbaren Flüssigkeit, wie Wasser oder Quecksilber, hervorgebracht werden können, um so mehr als die letzteren tropfbaren Flüssigkeiten unelastisch, wie sie sind, zur unmittelbaren Erzeugung der Töne durch pendelartige Schwingungen nicht geeignet sind. Diese Bedingungen finden sich in der von CAGNIARD LA TOUR erfundenen Sirene vereinigt. Der Strom einer Flüssigkeit aus einer Oeffnung wird hier während dem raschen Umlauf eines Rades durch jeden Zahn desselben augenblicklich aufgehalten. Befindet sich auch das schwingende Rad unter Wasser und hemmt es nur den Strom des von unten durch Druck zugeführten Wassers in regelmässigem schnellem Wechsel, so erzeugen die dadurch hervorgebrachten Stösse, wenn sie schnell genug auf einander folgen, einen klaren Ton, dessen Höhe mit der Schnelligkeit der Unterbrechungen oder Stösse zunimmt.

In Beziehung auf das menschliche Stimmorgan oder Tonwerkzeug interessiren uns näher diejenigen Körper, welche durch Schwingungen die nöthige Anzahl der schnell wiederholten Stösse, Pulsus, geben. Dieser Art der Tonerzeugung sind nur die elastischen Körper fähig. Ein Anstoss gegen einen Theil dieser Körper theilt sich dem Ganzen mit und versetzt den Körper in pendelartige Schwingungen; die durch die Schwingungen erzeugten Stösse theilen sich den berührenden Körpern mit und gelangen auf diese Art zum Gehörorgan.

Mit der Höhe der Töne nimmt die Zahl der Schwingungen zu. Der tiefste gebräuchliche Ton, das 32füssige *C* der Orgel, giebt z. B. 32 Schwingungen der Luft der Orgelpfeife in der Secunde, die Octave davon giebt 64 Schwingungen, die nächste Octave giebt 128 Schwingungen, die nächste oder das ungestrichene *c* giebt 256 Schwingungen in der Secunde. Da es gleich ist, ob die Stösse durch den Anstoss der Zähne eines Rades oder durch die Schwingungen eines Körpers erfolgen, so hat man jetzt in dem von SAYART erfundenen Instrumente, wo die Töne durch die Stösse der Zähne eines Rades an einen Körper hervorgebracht werden, ein leichtes Mittel, die Zahl der Schwingungen für jeden Ton mit Bestimmtheit zu ermitteln.

Die Schwingungen eines tönenden Körpers können in seiner ganzen Ausdehnung stattfinden; er kann sich aber in Abschnitte theilen, die nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, während die Theilungsstellen, Schwingungsknoten, ruhig bleiben. An den Stellen der Schwingungsknoten bleiben aufgelegte Papierschnitzel ruhig. Die Schwingungen können auch in der Richtung verschieden seyn, transversale, longitudinale, oder drehende. Ein

Beispiel der Transversalschwingungen bildet eine zwischen zwei Puncten gespannte, hin und her nach den Seiten schwingende Saite oder ein an einem Ende befestigter Stab von Metall. Bei den longitudinalen Schwingungen der Luft, der Saiten und Stäbe, die man an beiden letzteren durch Reiben der Länge nach hervorbringt, schreitet ein Zusammendrücken und Ausdehnen von einem Theilchen des Körpers zum andern, bis zum Ende oder Schwingungsknoten fort und kehrt dann um. Drehende Schwingungen hat CHLADNI bloss an Stäben beobachtet.

Die durch Schwingungen tönenden Körper sind theils elastische Flüssigkeiten wie die Luft, theils durch Spannung elastische Körper, wie gespannte Saiten, theils an und für sich elastische feste Körper, wie Metallstäbe, Metall- und Glasscheiben. Die Gesetze, nach welchen die Tonschwingungen in diesen verschiedenen Classen der tönenden Körper erfolgen, sind für die zu ermittelnde Theorie der menschlichen Stimme von grosser Wichtigkeit. Wir wollen einen kurzen Blick auf dieselben werfen, um zu erkennen, zu welcher Classe der Tonwerkzeuge das menschliche Stimmorgan gehöre. Wir folgen hierbei zunächst vorzüglich den Untersuchungen von CHLADNI (*Akustik. Leipz. 1802. 4.*), BIOT, SAVART und W. WEBER. Ueber diejenigen Tonwerke, welche die nächste Verwandtschaft mit dem menschlichen Stimmorgan haben, werden wir eigene Beobachtungen beibringen.

I. Feste elastische Körper.

Sie sind theils durch Spannung elastisch, wie die Saiten und Trommelfelle, theils an und für sich elastisch, wie Metallstäbe und Scheiben. Bei jeder dieser Arten fester elastischer Körper kommt bald nur die Dicke und Länge in Betracht, diess sind die fadenförmigen, bald mehrere Dimensionen, diess sind die membranförmigen. Beispiele durch Spannung elastischer fadenförmiger Körper sind die Saiten, membranförmiger die Paukenfelle. Beispiele an und für sich elastischer fadenförmiger Körper sind die geraden oder gekrümmten Metallstäbe, membranförmiger die geraden oder gekrümmten Scheiben, Glocken u. a. CHLADNI a. a. O. p. 64.

A. Durch Spannung elastische Körper.

a. Fadenförmige durch Spannung elastische Körper, Saiten. Mit der Kürze der Schwingungsbogen nimmt die Zahl der Schwingungen, wie beim Pendel mit der Kürze desselben zu, und mit der Zahl der Schwingungen die Höhe der Töne.

Schwingt eine gespannte Saite mit ihrer ganzen Länge, so giebt sie ihren tiefsten oder Grundton an, wird sie bei gleicher Spannung durch einen untergebrachten Steg in zwei gleiche Theile getheilt, und einer derselben angestossen, so ist der hervorgebrachte Ton die Octave des Grundtons, die noch einmal so viel Schwingungen als der Grundton hat. Wird $\frac{1}{4}$ der Seite bei gleicher Spannung isolirt und angesprochen, so giebt diese die zweite Octave des Grundtons, die viermal so viel Schwingungen als der Grundton hat. Ueberhaupt verhält sich bei gleich dicken und gleich gespannten Saiten von derselben Substanz die Menge der Schwingungen umgekehrt wie die Länge der Saiten. Bei gleich langen und un-

gleich gespannten Saiten verhalten sich die Schwingungsmomente wie die Quadratwurzeln aus den sie spannenden Kräften. Biot *Lehrb. d. Experimentalphys.* 2. 30.

Die Schwingungsmengen für die Töne zwischen dem Grundton und der ersten Octave werden erhalten bei gleicher Spannung durch Verkürzung der Saite auf die zwischen 2 und 1 liegenden Brüche. Wenn z. B. die Schwingungsmengen des Grundtons zu dem der Octave wie 1 zu 2 sich verhalten, so werden sich die Schwingungsmengen der Töne nach der allgemein angenommenen einfachen musicalischen Scala unsers heutigen Systems der Musik folgendermassen verhalten:

$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
c	d	e	f	g	a	b	c
Grundton	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave	

Eine Saite kann, während sie in ganzer Länge die dem Grundton eigenen Schwingungen macht, auch zugleich mit aliquoten Theilen schnelle auf einander folgende Schwingungen machen, die anderen Tönen, höher als der Grundton, entsprechen. In der That hört man beim Anschlagen einer einzigen und isolirten Saite, oder des Monochords, wo die Töne mitklingender anderer Saiten nicht in Betracht kommen, bei einiger Aufmerksamkeit ausser dem Grundton auch noch einige andere Töne, besonders solche, die in einfachen numerischen Verhältnissen zum Grundton stehen, z. B. die Quinte der Octave, die Terz der zweiten Octave.

Wird eine gespannte Saite am Ende von $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ u. s. w. ihrer Länge durch leise Berührung gedämpft und hier ein Schwingungsknoten bedingt, so entstehen beim Streichen derselben mit dem Violinbogen, auch zwischen den übrigen $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ Schwingungsknoten und die Saite giebt dann statt des Grundtons vielmehr den diesen Längen und ihren Schwingungsmengen entsprechenden höhern sogenannten Flageoletton.

Da bei den Saiten für tiefe Töne durch die geringere Spannung ersetzt werden kann, was ihnen an Länge gebricht, um nur eine geringere Zahl Schwingungen in einer bestimmten Zeit zu machen, so würden sich der Theorie nach auch auf einer sehr kurzen Saite noch alle Töne durch veränderte Spannung hervorbringen lassen. Indessen schwingen die Saiten, wenn sie sehr abgespannt sind, wegen Mangel an Elasticität zu unregelmässig, als dass sie sehr verkürzt und abgespannt noch einen tiefen Ton hervorbringen sollten. Dagegen werden sehr kurze Saiten, wenn sie auch im abgespannten Zustande nicht alle Elasticität verlieren, z. B. Saiten von Kautschuck noch zur Hervorbringung von tiefen Tönen geschickt seyn, und elastische Blätter, die in einer Richtung gespannt sind, können bei sehr bedeutender Kürze noch sehr reine Töne hervorbringen, wenn sie eine feine Spalte begrenzen und die an dem Blatte vorbeigepresste Luft das Blatt in Schwingung erhält. Davon bei den Zungenwerken.

b. Membranenförmige durch Spannung elastische Körper. Membranen, die bloss in einer Richtung gespannt sind, verändern ihre Töne nach den Gesetzen wie die Saiten. Das Gesetz, nach welchem die Schwingungsmengen nach der Grösse

und Spannung bei den allseitig gespannten Paukenfellen abnehmen, ist noch nicht näher gekannt. Es ist bekannt, dass die Höhe des Tons im Allgemeinen mit zunehmender Spannung zunimmt. Eine nähere Kenntniss der Schwingungsart dieser Tonwerkzeuge würde für die Theorie der menschlichen Stimme von keinem Gewicht seyn. Die Stimmbänder stellen nach einer Richtung gespannte Membranen dar, ob aber bei ihrer Kleinheit durch sie allein ohne Mitwirkung der Luft klare Töne entstehen können, werden wir später untersuchen.

B. *An und für sich elastische Körper.*

a. *Fadenförmige gerade und gebogene Stäbe.* Die Schwingungen sind ähnlich wie bei den Saiten, und die Elasticität dieser Körper ersetzt die Spannung der Saiten, sie schwingen daher, sowohl an einem als beiden Enden befestigt. Dergleichen Metallstäbe oder Blätter werden durch Anschlagen zum Tönen gebracht; sind Blättchen von Metall oder Holz dünn genug, so können sie auch durch Luftstrom in Schwingung gesetzt werden, wenn nämlich die Luft zwischen der Platte und einem Rahmen, in welchem sie befestigt sind, durchgepresst wird. Diess sind die Zungen der Zungenwerke. Die an solchen Zungen allein hervorzubringenden Töne richten sich nach denselben Gesetzen, wie die an freien Stäben hervorgebrachten Töne. Wir werden darauf bei den Zungenwerken zurückkommen. Ein Beispiel einer einfachen, durch den Luftstrom in Schwingung gesetzten Zunge ohne Rohr bietet die Mundharmonica dar, deren Blättchen auch durch einen Blasebalg angesprochen werden können.

Die Höhe der Töne oder die Schwingungsmengen verändern sich bei den Stäben nach einer andern Regel als bei den Saiten. Die Höhe der Töne oder Zahl der Schwingungen steht nämlich in geradem Verhältniss mit der Dicke der Stäbe und in umgekehrtem Verhältniss mit den Quadraten der Länge der Stäbe.

b. *Membranförmige gerade und gebogene steife Körper, Scheiben, Glocken.* Weder mit den fadenförmigen noch mit den membranförmigen an sich elastischen Körpern hat das Stimmorgan einige Aehnlichkeit; daher wir diese Tonwerkzeuge sogleich verlassen können.

II. *Elastische Flüssigkeiten. Luft.*

Die Schwingungen der Luft beim Tönen bestehen in abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen, welche in den Flötenwerken in longitudinaler Richtung erfolgen. In den meisten Blasinstrumenten ist die Luft das Tönende, indem sie der Länge des Instrumentes nach vor und wieder rückwärts in Schwingung geräth. Die Geschwindigkeit der Wellen oder Verdichtungen und Verdünnungen bleibt sich im Allgemeinen gleich, mag die Röhre weit oder enge seyn, und hängt bloss, wenigstens hauptsächlich, von der Länge der Wellen oder des zu durchlaufenden Raumes ab. Doch ist es eine Erfahrung der Orgelbauer, dass man die Röhren der Flötenwerke etwas verkürzen muss, wenn sie bei grösserer Weite denselben Ton behalten sollen, und SAVART hat

gefunden, dass die Luftsäule in weichen elastischen Röhren bei gleicher Länge viel tiefer tönt, als in festen Röhren. Bei Erschlaffung der Wände durch Wasserdämpfe kann ihr Ton sogar um zwei Octaven von ihrer sonstigen Tonhöhe sinken.

Flötenwerke. Das Princip einer Pfeife liegt darin, dass eine in einer Röhre enthaltene Luftsäule in Schwingungen versetzt wird durch Blasen über einen Theil ihrer Oberfläche. Am einfachsten geschieht dieser Anspruch beim Wegblasen über die Mündung einer Röhre, eines Schlüssels; ganz ähnlich ist der Anspruch der Flöte, nur wird hier die Luftsäule nicht an ihrem Ende, sondern vor diesem an der Seite in Schwingung gesetzt. Bei den Pfeifen wird die Luft durch einen engen Kanal des Mundstücks geblasen, und indem sie an der Seitenöffnung austritt, setzt sie zugleich die im Rohr der Pfeife enthaltene Luftsäule in schwingende Bewegung. Eine ähnliche Construction haben die cylindrischen oder vierkantigen Orgelpfeifen, die zu dem Flötenwerke der Orgel gehören und auch Labialpfeifen genannt werden. Nur die Luft tönt in diesen Werken. Pfeifen von gleicher Länge, von Holz, Metall, Pappe, geben dieselbe Tonhöhe bei verschiedenem Klange. Ist die Luftsäule einmal durch Einblasen über ihre Oberfläche in schwingende Bewegung gesetzt, so muss der Strom der Luft fort-dauern, um die zum Hören nöthigen Schwingungen zu erhalten. Bei diesen Werken findet übrigens niemals eine Strömung der Luft durch die Röhre, sondern nur die Schwingung der Luft im Innern der Röhre statt, daher die Flötenwerke auch an ihrem Ende verschlossen seyn können. Die einfachste Schwingungsart der Luft in den Pfeifen mit geschlossenem Ende ist diejenige, wo die Länge der Wellen der Länge der Röhre gleich ist und keine Schwingungsknoten im Innern der Röhre entstehen. Der geschlossene Boden der Röhre ist hier der Schwingungsknoten. Ist die Röhre an ihrem Ende offen, so giebt sie bei gleicher Länge mit einer geschlossenen (gedeckten) einen um eine Octave höhern Grundton als diese und es befindet sich in der Mitte der Röhre ein Schwingungsknoten. Ueber die Theorie dieses Unterschiedes der gedeckten und offenen Orgelpfeifen siehe *Biot Lehrb. d. Experimentalphysik, übers. v. FECHNER, 2. 100.*

Die Höhe der Töne ändert sich im Uebrigen im directen Verhältniss mit der Länge einer gedeckten oder offenen Röhre; indess giebt dieselbe Luftsäule höhere Töne bei stärkerem Blasen; durch Entstehung von Schwingungsknoten in der Länge der Luftsäule. *BIOT* und *HAMEL* haben gezeigt, wie die Stärke des Anspruchs auf die Vermehrung der Schwingungsknoten Einfluss hat. Die Töne, welche sich auf diese Weise aus einer gedeckten Röhre hervorbringen liessen, waren

$\overline{C}$	$\overline{g}$	$\overline{e}$	$\overline{ais} +$	$\overline{d}$	$\overline{fis} -$	$\overline{as} +$	$\overline{h}$
1	3	5	7	9	11	13	15

deren Schwingungsmengen der Reihe der ungeraden Zahlen entsprechen. Bei einer am Ende offenen Röhre waren die durch stärkeres Blasen und Vermehrung der Schwingungsknoten zu erzeugenden Töne dagegen der einfachen Reihe der natürlichen

Zahlen entsprechend = 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w. Nur beim schwachen Anblasen erhielten sie den Grundton einer Glasröhre von 1 Zoll Durchmesser und 37 Zoll Länge, $\bar{g}$. Die Töne, welche sie durch Veränderung des Anblasens erhielten, waren

$\bar{g}$	$\bar{g}$	$\bar{d}$	$\bar{g}$	$\bar{h}$	$\bar{d}$	$\bar{f}$	$\bar{g}$	$\bar{c}$	$\bar{d}$
1	2	3	4	5	6	$7\frac{1}{9}$	8	$10\frac{2}{3}$	12

Die Töne, die auf einer offenen Röhre durch verschiedenes Blasen hervorgebracht werden können, liegen, wie man aus dieser Reihe sieht, um so weiter auseinander, je näher sie dem Grundton sind; mit zunehmender Höhe rücken die Töne zusammen. Zwischen dem Grundton 1 und der ersten Octave, welche der Zahl 2 entspricht, liegt kein Ton dazwischen. Zwischen der ersten Octave 2 und der zweiten Octave, deren Schwingungsmenge 4 ist, liegt schon ein Ton. Zwischen der zweiten Octave 4 und der dritten Octave, deren Schwingungsmenge 8 ist, liegen schon 3 Töne, u. s. w.

Die vorhererwähnten Gesetze gelten im Allgemeinen nicht bloss für die atmosphärische Luft, sondern für die Gase überhaupt; doch ist zu bemerken, dass die Grundtöne der Luftsäulen nach der Schwere und Dichtigkeit der Luft verschieden sind, denn nach der Erfahrung der Orgelbauer selbst eine lange wie in den Händen gehaltene Pfeife ihren Grundton schon ein wenig modificirt. Die Töne verhalten sich der Theorie nach bei gleichen Längen umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeit der Gasarten bei gleichem Druck und Temperatur. Die Erfahrung weicht etwas ab. Siehe Biot a. a. O. 107.

Von einigem Einfluss auf die Veränderung des Grundtons ist auch die Embouchure der Röhre, wie Biot und HAMEL gezeigt haben. Letztere wandten eine 4 Fuss lange, vierkantige, 4 Zoll breite, an einem Ende verschlossene Pfeife an. Die Oeffnung nahm die ganze Breite ein und konnte durch einen Schieber von oben verlängert werden.

Die erzeugten Töne waren folgende:

Grösse der Oeffnung:	66,0	36,5	26,0	20,5	16,5	14,0	3,8
Erzeugte Töne:	$\bar{c}$	$\bar{g}$	$\bar{e}$	$\bar{h}$	$\bar{d}$	$\bar{f}$	$\bar{f}$

66,00 Theile der Oeffnung machen einen Quadratzoll aus. Die erzeugten Töne entsprechen den Zahlen oder Schwingungsmengen 1, 3, 5, 7, 9, 11, 43. Der Erfolg der Verengerung der Embouchure ist also bei der gedeckten Flöte derselbe, wie der durch Veränderung des Blasens bewirkte; auf diese Art sind also keine Octaven zu erhalten.

Der Einfluss der Embouchure auf den Ton der Pfeife scheint mir aus den Erfahrungen noch nicht ganz aufgeklärt zu seyn. Es giebt nämlich eine Art der Bedeckung der Embouchure, wodurch man den Ton der Pfeife ziemlich bedeutend tiefer machen kann. Lege ich über die obere Lippe einer cylindrischen, messingenen Labialpfeife eine Karte fest an, so dass ein Theil der Oeffnung bedeckt wird, so kann ich den Ton um mehr als einen Ton unter

den Grundton erniedrigen; bedeckte ich aber die Oeffnung durch eine auf die obere Lippe angedrückte Karte so, dass die Karte dachförmig über die Oeffnung liegt, so lässt sich der Ton noch viel tiefer machen und um so tiefer, je mehr die dachförmige Karte gegen die Oeffnung niedergedrückt wird. Die Töne, die sich auf diese Art erhalten lassen, sind alle beliebigen nächsten unter dem Grundton der Pfeife bis auf einige ganze Töne, also keineswegs die mit den Zahlen $1, \frac{1}{3}, \frac{1}{5}, \frac{1}{7}$ übereinstimmenden Töne. Stuess ich den Stempel der Pfeife so tief ein, dass das Rohr der Pfeife nur zwei Zoll betrug, so konnte der Grundton der zwei Zoll langen Pfeife durch dachförmige Bedeckung der Embouchure von d bis zu dem nächsten tiefern gis , also fast um eine Quinte herabgedrückt werden, und die dazwischen liegenden Töne entstanden leicht je nach der grössern oder geringern Neigung des über die Embouchure gebildeten Daches. Auch bei einer vierkantigen einfüssigen Pfeife liess sich der Ton durch dachförmige Bedeckung der Embouchure herabdrücken.

Alles bisher Bemerkte gilt von Röhren ohne Seitenlöcher, die eigentlichen Flöten lassen sich aber darnach beurtheilen; es sind ungedeckte Röhren, auf welchen man, wenn alle Seitenlöcher geschlossen sind, durch verschiedene Stärke des Anblasens die mit den Schwingungsmengen 1, 2, 3, 4, 5 übereinstimmenden Töne hervorbringen kann. Durch successive Oeffnung der Seitenlöcher lassen sich auch die dazwischen liegenden Töne hervorbringen. Die Oeffnung jeder derselben führt eine Erhöhung des Grundtons herbei, und diese Erhöhung ist verschieden nach der verschiedenen Grösse der Seitenlöcher und ihrer Entfernung vom Anfang des Instrumentes. Siehe das Nähere über die Theorie der Flötenwerke in BIOT, *Lehrb. d. Experimentalphysik*, übers. v. FECHNER, von 87—112., und MUNCKE, Artikel Schall in GEHLER'S *physikal. Wörterb.* 8. Bd. p. 349—360.

Es entsteht zuletzt die Frage, ob sich durch Anwendung der verschiedenen Mittel, durch welche sich der Grundton einer Pfeife von gegebener Länge herabdrücken lässt, so tiefe Töne hervorbringen lassen, dass selbst eine Röhre von sehr geringer Länge noch Töne von einiger Tiefe bei sehr schwachem Anblasen hervorbringen könne. Ist eine Röhre theilweise geschlossen, so nähert sie sich einer gedeckten, deren Grundton um eine ganze Octave tiefer ist, und durch eine Bedachung der Embouchure lässt sich der Ton, wie wir früher sahen, fast um eine Quinte herabdrücken. Die Schwäche des Anblasens macht den Ton einer gewöhnlichen Pfeife nicht tiefer, als bis zu dem sogenannten Grundton; vielleicht giebt es aber Mittel, bei deren Anwendung ein noch schwächeres Anblasen noch langsamere Schwingungen mit solcher Regelmässigkeit erfolgen lässt, dass diese Schwingungen als Töne gehört werden. Ein bei den Jägern übliches Pfeifchen, das zwischen den Lippen angeblasen, ihnen zum Nachmachen der Stimmen der Vögel dient, scheint dieses zu leisten, obgleich die Mittel hier ganz andere sind als die bei den gewöhnlichen Pfeifen anzuwendenden, um tiefere Töne zu erzeugen. Diese Pfeife

von Elfenbein oder Messing ist breiter als lang, nämlich 4 Linien lang, 8—9 Linien breit. Ihr vorderes und hinteres Ende sind durch eine dünne Platte gedeckt, in deren Mitte eine Oeffnung sich befindet, durch welche die Luft strömt, so dass der Luftstrom durch die Achse der Höhle der Pfeife durchgeht. SAVART hat diese Art von Pfeifen untersucht. MAGENDIE, *J. de physiol.* V. 367. Nach ihm entsteht der Ton in diesen Pfeifen dadurch, dass der Luftstrom, der durch die beiden Oeffnungen durchgeht, indem er die kleine Masse der in der Höhle der Pfeife enthaltenen Luft mit sich fortreisst, ihre Elasticität vermindert und sie unfähig macht, dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zu halten, die, indem sie gegen jene zurückwirkt, sie zurücktreibt und zusammendrückt, bis wieder eine neue Verdünnung erfolgt. An diesem Instrument kann man durch verschiedene Stärke des Anblasens die Töne in einem Umfang von $\frac{1}{2}$ —2 Octaven, von c 6— c 4 variiren; durch Uebung im Beherrschen des Luftstroms lässt sich die Tiefe und Höhe der Töne noch viel weiter treiben. Man kann das Volum des Instrumentes verdoppeln, vervierfachen oder verkleinern, ohne dass die Resultate auffallend variiren. Bei grösseren Dimensionen und dünneren Wänden ist es leichter tiefere Töne zu erhalten; doch hat jedes Instrument einen Ton, den es am leichtesten giebt. Die Direction der Ränder der Oeffnung ändert den Ton. Sind sie nach einwärts schief gegen das Innere der Höhlung gerichtet, so sind die Töne im Allgemeinen tiefer. Die Grösse der Oeffnungen des Instrumentes hat auf den Ton Einfluss; die Töne sind tiefer, wenn die Oeffnungen weiter sind. Eine Theorie der Schwingungen für dieses Instrument ist noch nicht vorhanden; es ist auch noch nicht ausgemacht, ob die Luft wirklich das primitiv schwingende ist und ob das Instrument nicht vielmehr in die Kategorie der Zungen gehört, von denen weiter unter gehandelt wird. Bei den gewöhnlichen Zungen kommen zwei Dimensionen, die Dicke und Länge des Zungenblättchens, in Betracht; wenn eine der durchlöcherten Platten als Zunge wirkt, so würde sie eine Zunge darstellen, wobei wie bei den tönenden Scheiben drei Dimensionen, die der Länge, Dicke, Breite, in Betracht kommen. Das Instrument kann übrigens, wie eine Zunge, mit einer Ansatzröhre verbunden werden, und die dadurch hervorgerufenen Töne verhalten sich wie bei der Verbindung wirklicher Zungen mit Röhren. Nämlich der Ton ist dann nicht der der Zunge, sondern einer der möglichen Töne des Rohrs, der dem Zungenton am nächsten ist. Die Folge der Töne bei verschiedenem Anblasen ist bei jeder Combination der Jägerpfeife mit einem Rohr, wie bei einer offenen Pfeife, 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w.

III. Tonwerke, bei denen die Eigenschaften der festen und flüssigen elastischen Körper zugleich in Betracht kommen. Zungenwerke.

Es giebt Tonwerkzeuge, die aus einer einfachen schwingenden Zunge bestehen, welche durch Strömung comprimierter Luft in Bewegung gesetzt wird, wie das Metallblättchen der Maultrommel und die Blättchen oder Zungen der Mundharmonica.

Die Erfahrung lehrt, dass nicht bloss die durch Cohärenz elastischen Körper, wie Metalle und Holz, Zungenblättchen bilden können. Man kann diesen Platten auch durch Spannung elastische Platten oder Membranen substituiren, wie sich im Folgenden zeigen wird. Auch diese membranösen Zungen geben, durch einen Strom comprimirter Luft in Bewegung gesetzt, ohne eine Ansatzröhre reine Töne von sich, so gut wie die Zungen der Maultrommel und der Mundharmonica es thun. Durch Ansatz einer Röhre vor den Zungen der ersten und zweiten Art entsteht ein complicirteres Instrument, bei welchem die Luft der Röhre zur Modification der Schwingungen der Zunge mitwirkt. Instrumente dieser Art mit festen Zungen von Metall oder Holz sind längst unter dem Namen der Zungenwerke bekannt; die Orgel besitzt ein ganzes Register dieser Apparate unter dem Namen der Zungenwerke oder Rohrwerke. Eine Classe von anderen Blasinstrumenten ist nach demselben Princip gebildet, wie die Clarinette, die Hoboe, das Fagot, der Serpent, die Schalmey, welche sämmtlich ausser der Röhre eine Zunge enthalten und dadurch sich von den Flötenwerken, bei welchen der Ton lediglich durch die Luftsäule erzeugt und durch ihre Länge verändert wird, unterscheiden. Aber auch das, was wir membranöse Zunge nennen, kann mit einer Röhre verbunden zu einem ähnlichen, von einer einfachen Zunge verschiedenen Werke werden, wie wir bald sehen werden. Die Theorie dieser Instrumente ist für die Untersuchung der menschlichen Stimme von der grössten Wichtigkeit.

Erste Classe der Zungenwerke.

Zungenwerke mit einer Zunge von einem steif elastischen Körper: Metall, Holz.

A. Zungen nach Analogie der Stäbe.

a. Einfache Zungen ohne Rohr.

Die einfachste Zunge dieser Art ist die Maultrommel, wo ein zwischen zwei stählernen Schenkeln liegendes, an einem Ende befestigtes, ebenfalls stählernes Zungenblättchen durch die zwischen der Zunge und den Schenkeln durchgetriebene Luft in Bewegung gesetzt wird. Die Mundharmonica stellt eine Zusammenstellung mehrerer Zungen in demselben Rahmen dar. Sie besteht bekanntlich aus einer kleinen Metallplatte, worin längliche rectanguläre Löcher, jedes zur Aufnahme seines Zungenblättchens, eingeschnitten sind. In diese Oeffnungen passen dünne Plättchen von Metall, die an dem einen Ende angelöthet sind. Sie müssen so in ihrem Rahmen vibriren können, dass sie denselben nicht berühren, und werden in Schwingung gesetzt dadurch, dass man die Platte oder den gemeinsamen Rahmen gegen die Lippen andrückt und die Luft gegen die Zungen bläst, wodurch ein klarer Ton, nach der Länge und Stärke der Zunge verschieden, entsteht.

Die sogenannten Mundstücke (anche) beruhen auf demselben Mechanismus. Ein messingener oder stählerner hohler Halbcylinder ist an seinem einen Ende offen, an dem andern geschlossen;

die flache Seite bildet gegen das geschlossene Ende eine elastische Platte, die den Halbcylinder an diesem Theil der flachen Seite nicht ganz schliesst und selbst in die Höhle des Halbcylinders hinein schwingen kann; so kann die Luft zwischen den Rändern der Platte und der Lade in die Höhle des Halbcylinders eindringen oder aus demselben ausdringen. Es ist hier, wie bei der Maultrommel und Mundharmonika ein Rahmen und eine darin passende, bewegliche, elastische Zunge gegeben. Von den letztgenannten Instrumenten unterscheidet sich diese Art von Mundstück nur, dass der Rahmen hier zugleich ein Rohr bildet, aus welchem die Luft, die zwischen Rahmen und Zunge durchgegangen, auströmt, oder von welchem aus auch die Luft gegen die Zunge getrieben werden kann. Ein solches Mundstück kann von der einen oder andern Seite angeblasen werden. Nimmt man das Ende, woran die Zunge, in den Mund und bläst, so dass die Zunge im Munde frei schwingen kann, so drängt sich die Luft mit Unterbrechungen zwischen der Zunge und dem Rahmen in den Halbcylinder. Bläst man von dem offenen Ende her, so dringt sie zwischen der Zunge und ihrem Rahmen aus. Man sieht hier wieder deutlich, dass die Hauptsache eines Zungenstücks nur dieses selbst, und ihr Rahmen, wie bei der Maultrommel, das Uebrige aber Zugabe ist. Eine so gebaute Zunge kann auch mittelst eines Pfropfes, durch den sie durchgeht, wie bei den Zungenpfeifen der Orgel, in einen hohlen Cylinder gesetzt werden, durch dessen eine Oeffnung die Luft zugeblasen wird.

Die Art, wie die Zunge in Schwingung gesetzt wird, scheint mir bisher nicht genügend erklärt, wie auch FECHNER bemerkt; sie ist meines Erachtens diese: So wie man bläst, wird die Zunge aus der Oeffnung des Rahmens getrieben. *Sie entfernt sich nach dem Gesetze der Trägheit von dem stossenden Körper*, bis die Elasticität der Zunge, die im Maass ihrer Beugung wächst, ihrer Geschwindigkeit das Gleichgewicht hält. Da der Druck der Luft indess fort dauert, so würde die Zunge bei anhaltendem Blasen in dieser Lage verharren; indess ist der Druck der Luft bei abgewendeter Zunge viel geringer als vorher, da die Zunge noch im Rahmen stand, die Zunge wird also durch ihre Elasticität, wie ein Pendel, zurückgehen, sie würde sogar bei der anhaltend wirkenden Elasticität mit beschleunigter Geschwindigkeit zurückgehen, wenn der anhaltende Druck der Luft sie nicht etwas retardirte. Im Rahmen angelangt treibt sie der nun wieder stärkere Druck der Luft wieder ab. Wäre kein Unterschied in dem Druck der Luft, so würde die Zunge durch den Druck der Luft in gleicher Lage beständig erhalten werden, in derjenigen Lage, welche ihr Widerstand zulässt. Nicht bloss der eingeschlossene, auch der freie Strom der Luft kann eine Zunge in Bewegung setzen, wenn sie fein genug ist, wie z. B. die zarten Zungen in der Mundharmonika, und wenn der Strom der Luft stark ist. Bläst man z. B. mittelst eines feinen Röhrchens von feiner Mündung frei gegen eine Zunge der Mundharmonika, aber heftig, so geräth sie in Schwingung; ja es ist mir sogar einmal gelungen, eine ohne Rahmen befestigte feine Zunge durch

den freien Strom der Luft aus einem feinen Röhrchen zum Tönen zu bringen. Diess gelingt nur an den sehr dünnen und längsten Zungen der Mundharmonica. Die längste Zunge einer Mundharmonica isolirte ich von ihrem Rahmen, so dass sie ganz frei war bis auf ihr hinteres befestigtes Ende. Ich blies mittelst des feinen Röhrchens am Ende eines ihrer Ränder stark vorbei; blies ich sehr stark in senkrechter Richtung auf die Oberfläche der Zunge, aber nicht auf ihre Fläche, sondern auf ihren Rand, so gelang es mir einigemal, die tönende Schwingung des Blättchens hervorzubringen, die aber sehr viel schwächer ist, als wenn die Luft zwischen den Rändern derselben Zunge und einem Rahmen hindurchströmen muss. Die später hier zu beschreibenden membranösen Zungen gerathen dagegen beim Anblasen mittelst eines Röhrchens in ganz vollkommene Schwingung mit vollem Klang. Die Art, wie durch den freien Strom der Luft eine leicht bewegliche Zunge in Schwingung gesetzt werden kann, scheint mir folgende zu sein: Der Strom der comprimirtten Luft gegen den Rand der freien Zunge treibt diese vor sich hin, die Zunge entfernt sich vermöge des Gesetzes der Trägheit von dem stossenden Strom, gelangt aus der Direction des Stroms heraus, und geht so weit, bis die mit der Dehnung der Zunge wachsende Elasticität derselben ihrer Geschwindigkeit das Gleichgewicht hält. Sie geht nun vermöge der Elasticität und zwar, da diese fortdauernd wirkt, mit beschleunigter Geschwindigkeit zurück, bis sie wieder in den Strom kömmt, welcher sie wieder abtreibt. Die Möglichkeit, an einem ganz frei stehenden Zungenblättchen durch den Strom der Luft einen Ton hervorzubringen, beweist deutlich, dass man bei der Erklärung des Tönens der Zungen nicht zu viel Gewicht auf den gewöhnlichen Bau derselben und auf den Durchgang der Luft zwischen Zunge und Rahmen legen darf.

Ueber die Natur der Töne, welche auf den Zungenstücken erzeugt werden, hat W. WEBER Aufschlüsse gegeben. „*Leges oscillationis oriundae si duo corpora diversa celeritate oscilantia ita conjunguntur, ut oscillare non possint nisi simul et synchronice, exemplo illustratae tuborum linguatorum.*“ Auszug von CHLADNI in KASTNER'S *Archiv* X. 443. Im Auszug ebenfalls in MUNCKE'S Aufsatz über den Schall, in GEHLER'S *physik. Wörterb.* VIII. und FECHNER'S Bearbeitung von BIOT'S *Experimental-Physik* 2. 112. Vergl. WEBER in POGGEND. *Annalen*. XVII. 193. WEBER zeigte, dass der Ton der Zunge eines Mundstücks, die durch Anblasen in Schwingung versetzt wird, sich nach denselben Gesetzen mit ihrer Länge ändert, als wenn die Zunge ohne Anblasen durch Anstossen oder Zerren in Schwingung versetzt wird, und zwar schwingen die Zungen nach demselben Gesetz wie die klingenden Stäbe. Diess Gesetz ist, dass die Schwingungsmengen zweier Stäbe von gleicher Dicke und gleichem Stoff, sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Längen verhalten. WEBER zeigte ferner, dass der beim Anblasen des Mundstücks ohne Ansatzröhre erzeugte Ton auch in der Höhe ganz mit dem Ton überein kömmt, den die Zunge ohne Anblasen durch Anstoss hervorbringt. Dann ist

die Höhe des Tons eines Mundstücks ziemlich unabhängig von der Stärke des Luftstroms; die Stärke des Tons kann durch die Stärke des Anblasens vermehrt werden. Biot hatte schon gezeigt, dass die chemische Beschaffenheit der Gasart, welche zum Anblasen benutzt wird, keinen Einfluss auf die Höhe des Tons hat. Diess Verhalten der metallenen oder festen Zungen ist um so merkwürdiger, als, wie ich gefunden, die membranösen Zungen sich ganz anders verhalten, indem die Höhe des Tons sich bei diesen um einige halbe Töne durch stärkeres Anblasen erheben lässt.

Die Dimensionen des Schlitzes zwischen Zunge und Rahmen sind nach W. WEBER von geringerer Wichtigkeit. Sind die Dimensionen der Oeffnung etwas stärker, so spricht der Ton schwerer an, und kann schwerer verstärkt und geschwächt werden. Die Höhe des Tones aber bleibt sich gleich.

Die von den Meisten angenommene Theorie der durch Zungen hervorgebrachten Töne ist folgende. Die Schwingungen der Zungen richten sich zwar, wie es scheint, ganz nach den Gesetzen, nach welchen die Stäbe schwingen und Töne geben; aber zwischen den tönenden Stäben und tönenden Zungen findet der Unterschied statt, dass bei den ersteren der Stab, bei den letzteren die Luft das eigentlich Tönende ist. Und derselbe Unterschied findet statt, wenn eine Zunge durch Anstoss oder durch Anblasen in Schwingung versetzt wird. Im erstern Fall nämlich ist es die Zunge allein, welche tönt, im zweiten wird zwar auch die Zunge tönen müssen, aber für die Hauptursache des eigenthümlichen Tons halten Viele die Luft selbst und zwar aus folgenden Gründen.

Der Ton einer durch Anstoss in Schwingung versetzten Zunge ist schwach; der Ton der Zunge beim Anblasen stark; aber auch ein qualitativer Unterschied der Töne findet statt; der Klang der Zunge beim Anstossen ist ein ganz verschiedener vom Klang der Zunge, welchen sie beim Anblasen hervorbringt. Daraus schliesst man, dass die Luft, wenn sie auch bei verschiedener Weite des Schlitzes die Höhe des Tons nicht modificiren kann, doch einen wesentlichen Einfluss auf die Erzeugung der durch Zungen hervorgebrachten Töne haben muss, indem die Luft unter den Bedingungen, unter welchen Zungen beim Anblasen schwingen, regelmässig gestossen wird, ohne selbst Schwingungsknoten zu bilden. Man weiss, dass zur Erzeugung eines Tones nur eine gewisse Anzahl Stösse, pulsus, nöthig sind, welche auf das Gehörorgan fortgepflanzt werden, und dass auch die Schwingungen nur dadurch Töne hervorbringen, weil sie pulsus hervorbringen. Bei der Art, wie eine Zunge in ihrem Rahmen schwingt, müssen nun, sagt man, ähnliche pulsus, wie bei der Sirene entstehen; indem die Luft bei jeder Schwingung der Zunge durch die Oeffnung einen Moment aufgehalten wird. Ganz unter denselben Bedingungen sehen wir durch schnell aufeinander folgende Unterbrechungen des Stroms der Luft bei der Sirene einen Ton entstehen. Die Höhe dieses Tons der Luft hängt von der Zahl der Unterbrechungen ab, und diese Zahl wird, da die Unterbrechungen von den Schwingungen des Zungenblättchens bewirkt werden, mit

der Zahl der Schwingungen des Blättchens gleich seyn. Diese Theorie der Zungentöne ist indess keineswegs als erwiesen anzunehmen. Schon die Töne, die sich durch einen Luftstrom an einer von ihrem Rahmen entblösten, befestigten, hinlänglich langen und dünnen Zunge der Mundharmonica durch freien starken Strom der Luft aus einem dünnen Röhrchen hervorbringen lassen, beweisen, dass die Zungentöne keineswegs allein von den pulsus der Luft abhängen, obgleich der heftige Strom der Luft aus dem dünnen Röhrchen gegen den Rand des Zungenblättchens bei jeder Rückschwingung des Blättchens etwas aufgehalten werden muss, während der Strom frei ist zur Zeit, wo das Blättchen ausser dem Strom der Luft schwingt. Wir regen diesen Zweifel vorläufig an und werden später nach Abhandlung der membranösen Zungen ausführlicher darauf zurückkommen.

b. Zungen mit einem den Ton modificirenden Rohr.

Der Ton eines Mundstücks oder einer Zunge wird sehr in der Höhe verändert, wenn das Mundstück mit einer Ansatzröhre verbunden wird, wie es bei der Hoboe, der Clarinette, dem Fagot der Fall ist. In diesem Fall muss die Luft statt in die Atmosphäre auszulaufen, vielmehr erst die Ansatzröhre durchlaufen, und das Instrument ist zusammengesetzt aus zweien, die nach verschiedenen Gesetzen schwingen. Der Ton des Mundstücks für sich und der Ton der Pfeife für sich können ganz verschieden seyn; sind aber Mundstück und Pfeife verbunden, so wirken sie gegenseitig aufeinander ein, d. h. accommodiren sich, so dass die Schwingungen der Zunge durch die Schwingungen der Luftsäule, die Schwingungen der Luftsäule durch die der Zunge bestimmt werden. Immer wird nur ein Ton gehört, und dieser ist weder constant derjenige, den das Zungenstück für sich allein, noch derjenige, den die Luftsäule des Rohrs für sich allein geben würde. Es muss also nicht bloss vollkommene Gleichzeitigkeit in beiderlei Schwingungen stattfinden, sondern auch beide sich einander accommodiren.

W. WEBER (POGGEND. *Ann.* XVI. XVII.) hat sich mit dem Problem beschäftigt, nach welchen Bedingungen sich dieser einfache Ton richtet. Einen sehr ausführlichen Auszug dieser klassischen Untersuchungen hat FECHNER in seinem *Repertorium der Experimentalphysik*. I. 314 — 334. gegeben.

Eine sichere Theorie der Zungenpfeifen verdankt man ganz nur den Forschungen des berühmten deutschen Physikers.

Es ist hier nicht der Ort, die Resultate dieser Arbeiten, welche zu den wichtigsten der neuern Physik gehören, ausführlich mitzutheilen. Einige der von WEBER entdeckten Thatfachen müssen indess hier angeführt werden, da sie die Grundlage bilden für die Untersuchungen über die Zungenpfeifen mit membranösen Zungen, mit welchen das Stimmorgan die meiste Aehnlichkeit hat.

1. Die Verbindung einer Röhre mit einem Mundstück kann den Ton des Mundstücks vertiefen, nicht erhöhen.
2. Diese Vertiefung beträgt im Maximum nur eine Octave.
3. Bei weiterer Verlängerung der Röhre springt der Ton

wieder auf den ursprünglichen Grundton des Mundstücks zurück, und dieser lässt sich nun auch wieder nur um ein Gewisses vertiefen.

4. Die Länge der Ansatzröhre, die nöthig ist, um eine gewisse Vertiefung zu erhalten, hängt jedesmal von dem Verhältniss der Schwingungszahlen der Zunge für sich und der Luftsäule für sich ab.

5. So vertieft sich der Ton der Zungenpfeife allmählig mit Verlängerung der Ansatzröhre, bis die Luftsäule der Röhre so lang geworden ist, dass sie für sich allein denselben Ton geben würde, als das Mundstück allein. Bei weiterer Verlängerung springt der Ton auf den Grundton des Mundstücks zurück; von da an kann er wieder durch Verlängerung der Röhre um eine Quarte vertieft werden, bis die Länge der Röhre das Doppelte beträgt von der Länge der Luftsäule, die denselben Ton als das Mundstück haben würde. Hier springt der Ton wieder auf den Grundton des Mundstücks zurück. Von da an ist wieder eine Vertiefung um eine kleine Terz möglich durch Verlängerung der Röhre, bis der Ton wieder auf den Grundton der Zunge überspringt. Im Uebergange können je nach der Kraft des Anblasens zwei verschiedene Töne hervorgebracht werden. (Diese Entdeckungen lassen sich, wie wir hernach versuchen werden, sehr gut auf die Zungenpfeifen mit membranösen Zungen anwenden.)

6. Liegt der Ton des für sich tönenden Mundstücks in der Reihe der harmonischen Töne der für sich tönenden offenen Röhre, so ändert sich der Ton des Mundstücks nicht nothwendig durch Verbindung mit der Röhre bei schwachem Blasen. Durch starkes Blasen kann aber dann der Ton entweder um eine Octave, oder Quarte, oder kleine Terz, oder um andere Intervalle, welche den Zahlen $\frac{7}{8}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{11}{12}$ entsprechen, unter den Ton des Mundstücks erniedrigt werden.

Für die Vergleichung der Stimmorgane oder anderer Tonwerkzeuge mit Labialpfeifen und Zungenpfeifen ergeben sich aus diesen Entdeckungen die sicheren, leitenden Kennzeichen. Würde z. B. an einem Blasinstrument bei gleichem Anspruch durch angesetzte Röhren jede beliebige Vertiefung erreicht werden können, und zwar im Verhältniss der Länge der Röhren, so würde das Instrument entschieden eine Labialpfeife seyn und die Luft allein darin tönen; würden hingegen bei unveränderter Embouchure die Röhren nur eine Vertiefung von einer Octave oder weniger zu Stande bringen können, so würde man es mit einer Zungenpfeife zu thun haben.

Unter die Instrumente mit Zungen gehören die Zungenpfeifen der Orgel, oder das Register der Vox humana der Orgel. Die Clarinette, Hoboe, Fagot sind auch Zungenwerke, und hier geschieht die Erzeugung verschiedener Töne beim Schliessen oder Oeffnen einer empirisch gefundenen Reihe von Löchern, während in den Zungenwerken der Orgel für jeden Ton eine besondere Pfeife bestimmt ist.

B. Scheibenförmige Zungen von Metall.

Da dünne Blättchen von Metall und Holz, nach den Gesetzen der Stäbe schwingend, als Zungen wirken, so lässt sich schon

erwarten, dass auch scheibenförmige dünne Metallstücke nach den Gesetzen für die Scheiben schwingend, als Zungen dienen können, wenn sie in der Mitte fixirt sind und die Luft zwischen dem scharfen Rand eines peripherischen Rahmens und dem Rand der dünnen Scheibe durchströmt. Gewisse von CLEMENT und HACHETTE angestellte Versuche, die von SAVART bestätigt worden, scheinen hieher zu gehören. SCHWEIGG. J. 51. 344. CLEMENT hat nämlich entdeckt, dass, wenn ein Luftstrom durch eine Oeffnung in einer ebenen Wand geht und eine dünne Platte dieser Oeffnung genähert wird, diese in Schwingung geräth, wobei sehr tiefe dumpfe Töne entstehen. Die Töne entstehen zunächst durch die Eigenschwingungen der Platte und werden wahrscheinlich durch die Luft, wie bei den Zungenpfeifen, verstärkt. Denn wenn man vor die Oeffnung Kreisscheiben von gleicher Dicke, aber von verschiedenen Durchmessern hält, so verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt als die Quadrate der Durchmesser, wie bei tönenden Kreisscheiben. Die Höhe der Töne ist auch dieselbe, wie wenn man dieselben Kreisscheiben mittelst des Violinbogens in Schwingung bringt. Wahrscheinlich werden sich auch, wie bei den Tönen, die unmittelbar an scheibenförmigen festen Körpern hervorgebracht werden, eben so gut glockenförmig gekrümmte, als ebene Kreisscheiben benutzen lassen.

Wir haben scheibenförmige Zungen nach dem Princip der gewöhnlichen Zungenwerke verfertigen lassen. Eine messingene Kreisscheibe von $\frac{1}{5}$ Millim. Dicke und 35 Millim. Durchmesser ist in ihrer Mitte durch eine Stange so gegen den scharfen Rand eines entsprechenden Rahmens gehalten, dass die Luft durch das mit dem Rahmen verbundene Anspruchsrohr zwischen dem Rahmen und dem Rande der kreisförmigen Zunge durchgetrieben wird. Die Töne erfolgen leicht, wie bei gewöhnlichen Zungenpfeifen. Oft hört man aber mehrere Töne, tiefe und hohe Töne zugleich, z. B. den Grundton und die Quinte, und noch höhere. Durch Einziehen der Luft entstehen auch Töne, wie bei den gewöhnlichen Zungen. Ein ebenso gebautes Instrument mit glockenförmiger Zunge spricht nicht an, wahrscheinlich weil die Zunge durch die Krümmung der Scheibe zu steif geworden und nun nicht gross genug ist.

Eine ganz dünne metallene Kreisscheibe, die in der Mitte eine Oeffnung hat und an einem ganz kurzen Anspruchsstück durch ihre Peripherie befestigt ist, könnte auch unter den Gesichtspunct einer Zunge kommen. Es wäre der umgekehrte Fall, wie der vorhergehende; dort findet der Anspruch am Rande, hier an der centralen Oeffnung statt; der Durchgang der Luft durch die Oeffnung würde hier so wirken, wie der Stab, der durch die Mitte eines an der Peripherie gespannten Felles hin und her getrieben wird und Töne erzeugt. Diess scheint sogar auf den ersten Blick auf die früher p. 141. beschriebene Jägerpfeife anwendbar, welche SAVART nicht unter die Zungenpfeifen rechnete. Damit würde übereinstimmen, dass diese Pfeifen mit einem Rohr verbunden werden können und dass die Töne nach dem Ansatzrohr sich verändern.

Dagegen spricht aber, dass die Oeffnung bei diesem Instrument viel weiter ist, als die Spalte an Zungen von Metall seyn muss, wenn Töne entstehen sollen; zwar geben sehr dünne lange Zungenblättchen der Mundharmonica, wie oben gezeigt wurde, selbst ohne Rahmen in der freien Luft ihren Ton schwach an, wenn ein starker Luftstrom aus einem feinen Röhrchen an ihrem Rande vorbeigetrieben wird. Indessen hat doch die von SAVART beschriebene Jägerpfeife mehr Aehnlichkeit mit einer Labialpfeife. Ich erhalte schon Töne, wenn ich eine dicke Elfenbeinscheibe mit einem Centralloch mit den Lippen umfasse und die Luft einziehe. Diese Scheibe kann so dick seyn, dass ihre Ränder nicht mehr schwingen können und also nicht als Zunge wirken.

Zweite Classe der Zungenwerke.

Zungenwerke mit einer membranösen oder durch Spannung elastischen Zunge.

(Nach eigenen Untersuchungen.)

Das Studium dieser Art von Zungen ist bisher vernachlässigt worden, und diess ist um so mehr zu bedauern, als in der Kenntniss dieser Art der Zungenwerke der Schlüssel zur Theorie der menschlichen und Vogelstimme liegt. BIOT und CAGNIARD LA TOUR haben die membranösen Zungenblätter des Kehlkopfes, die Stimmbänder durch elastische Membranen von Kautschuck, die sie über eine Röhre spannten, nachzubilden gesucht und auf diese Art einen künstlichen Kehlkopf gemacht: HENLE hat thierische Membranen mit Erfolg zu demselben Zweck benutzt. Bis jetzt ist dieser Gegenstand nicht weit genug verfolgt, um eine vollkommene Parallele zwischen diesen Zungenwerken und dem Stimmorgan zu begründen. Ich habe mir das Verhalten der Bänder und Membranen, wenn sie als Zungen wirken, zum besondern Studium gemacht, und werde hier die Beobachtungen mittheilen, die ich darüber gemacht. Den Leser, dem die spätere Anwendung auf die menschliche Stimme und die am Kehlkopf des Menschen angestellten Versuche verständlich werden sollen, muss ich angelegentlichst ersuchen, den ganzen nun folgenden Abschnitt wohl zu beachten; eben so sehr muss ich den geneigten Leser bitten, die vorhergehende Zusammenstellung der Hauptpunkte der Theorie der musikalischen Instrumente zu berücksichtigen, weil ohne das Vorhergesagte das Nächstfolgende nicht verständlich ist.

Dass es Zungenwerke oder sogenannte Mundstücke mit membranösen Zungen geben wird, lässt sich schon von vorn herein erwarten. Das Zungenwerk beruht darauf, dass ein Körper, der für sich durch Anstösse entweder gar keine oder schwache und klanglose Töne hervorbringt, durch den continuirlichen Stoss der Luft einen seiner Elasticität und Länge entsprechenden Ton erzeugt. Die bisher betrachteten Zungen waren feste, metallische oder hölzerne Blättchen, die bei ihrer Kürze an und für sich klanglos schwingen, während ihre Schwingungsgesetze

die der schwingenden Stäbe sind. Durch Spannung elastische Körper, die sehr verkürzt für den Anstoss klanglos werden, aber ihre Schwingungsgesetze beibehalten, werden ebenso durch fort-dauernde Stösse der Luft klangreiche Töne erzeugen können. Dergleichen Zungen würden sich von den festen, durch sich selbst elastischen dadurch unterscheiden, dass sie, wie die Saiten, an zwei Stellen oder wie die Felle allseitig befestigt seyn müssen, von wo aus sie gespannt werden, während die durch sich elastischen, metallenen Zungen wie die Stäbe an einem Ende befestigt sind. Die Erfahrung bestätigt diese Idee sogleich; denn wenn man über die Mündung eines Rohrs von Holz eine elastische Haut (von Kautschuck) spannt, so dass sie die Hälfte der Mündung bedeckt, die andere Hälfte der Mündung aber durch eine steife Platte von Holz oder Pappe so schliesst, dass zwischen der elastischen Membran und dem Rande des steifen Körpers eine schmale Spalte übrigbleibt, so hat man eine membranöse Zunge, und man erhält einen reinen, starken und klangreichen Ton, wenn man das Rohr von der andern Seite anbläst.

Wir theilen die Zungenwerke mit durch Spannung elastischen Zungen, wie die im vorhergehenden Capitel betrachteten Zungenwerke, auch wieder in zwei Arten ein, in einfache Zungenwerke ohne Ansatzröhre und in zusammengesetzte Zungenwerke mit einer Ansatzröhre, welche den Ton modificirt.

A. Einfache membranöse Zungen ohne Ansatzrohr.

a. Saitenartig gespannte Zungen.

Die einfachen Zungenwerke dieser Art entsprechen der Maultrommel und der Mundharmonica der vorigen Abtheilung. Ich schneide von einer, zur dünnen Membran ausgetriebenen Kautschuckplatte einen schmalen Riemen ab, der 1—2 Linien breit ist, und spanne ihn über einen Ring von Holz oder einen viereckigen Rahmen quer hin. Wird er nun wie eine Saite gezerrt, so giebt er zwar einen schwachen und klanglosen Ton, aber dieser Ton ist so schlecht, wie der durch Anstossen erregte Ton einer metallenen Zunge. Wird aber auf den Ring zu beiden Seiten des elastischen platten Fadens eine steife Platte von Pappe oder Holz befestigt, so dass diese Platten nahe an den elastischen Streifen grenzen und nur eine schmale Spalte jederseits übrigbleibt, so hat man eine Mundharmonica, deren Zunge aus Kautschuck besteht; dieses Instrument giebt, ebenso wie die Mundharmonica gehandhabt, nun einen reinen, starken und klangreichen Ton. Man kann aber auch an einer solchen gespannten Zunge, ohne dass sie von einem Rahmen begrenzt wird, und ohne dass die Luft durch Spalten an ihren Seiten durchströmt, vermöge desselben Principis auf eine andere Art klangreiche Töne hervorbringen. Ich habe schon bei den metallenen Zungen erwähnt, dass die von ihrem Rahmen befreite, an einem Ende befestigte Zunge einer Mundharmonica, wenn sie nur recht lang ist, durch einen auf ihren Seitenrand dicht vor dem Ende geführten, heftigen und feinen Luftstrom aus einem ganz dünnen Röhrchen in tönende Schwingung versetzt werden kann. Diess gelingt indess an den metallenen Zungen sehr schwer, weil sie zu steif sind. An

den vorherbeschriebenen Zungen von Kautschuck gelingt es sehr leicht. Man spanne einen platten schmalen Kautschuckstreifen auf einen Rahmen von 8" bis 4" Durchmesser; man blase dann mittelst eines feinen Tubulus in senkrechter Richtung gegen die Fläche des kleinen Riemens auf den einen Rand desselben, so schwingt er tönend von einer Seite zur andern; oder noch besser, man blase von der Seite her quer über die Fläche des Fadens, so entstehen sogleich Schwingungen nach oben und unten mit starkem reinem Ton, von demselben Klang, wie wenn die Zunge zwischen zwei festen Schenkeln liegt und durch die Spalte durchgeblasen wird. Dieser Ton entsteht offenbar auf dieselbe Art wie bei den metallenen Zungen. Wird ein feiner Strom von Luft gegen den Faden getrieben, so entfernt sich dieser von dem stossenden Körper; da aber die Elasticität des Fadens in dem Grade zunimmt, als der Faden ausgedehnt wird, so tritt ein Zeitpunkt ein, wo die Elasticität des Fadens der Geschwindigkeit desselben das Gleichgewicht hält und der Faden macht die rückkehrende Schwingung, wodurch er wieder in so grosse Nähe des Stroms kömmt, dass er wieder abgetrieben wird. Kömmt der Strom der Luft quer über die Mitte des Fadens, oder zwischen die Mitte und die Endpunkte, so kann in beiden Fällen der Grundton des Riemens entstehen; zuweilen wenn der Strom heftig mehr von der Mitte ab über den Riemen weggeht, kömmt ein anderer Ton als der Grundton zum Vorschein. Der Ton hängt aber auch einigermaßen von der Stärke des Blasens ab. Lege ich die Kante eines Spatels über die Mitte des Riemens in einer gegen den Riemen senkrechten Richtung, so dass die Kante des Spatels auf dem Ringe zugleich an zwei Stellen aufliegt, und blase ich dann gegen die Hälfte des Fadens, so entsteht die Octave des Grundtons. Durch stärkere Spannung wird der Ton erhöht und er bleibt bei grosser Höhe noch rein und voll. Die Stärke des Anblasens dagegen vermag den Grundton der Saite um einen halben Ton und mehr zu erhöhen. Im Allgemeinen verändern jedoch diese durch Spannung elastischen Zungen ganz wie die Saiten ihre Schwingungen, nämlich die Schwingungsmengen nehmen im umgekehrten Verhältniss der Längen zu, und dem zufolge wahrscheinlich auch im geraden Verhältniss mit den Quadratwurzeln der spannenden Kräfte. Es ist diess schon ein wichtiger Unterschied von den metallischen Zungen, die sich wie die Stäbe verhalten. Bei diesen stehen die Schwingungsmengen bei gleicher Dicke der Zungen im umgekehrten Verhältniss mit den Quadraten der Länge derselben. Von den Saiten unterscheiden sich die membranösen Zungen nur dadurch, dass die Art des Anspruchs den Ton etwas ändert, während doch die Zunge so gut wie die Saite in ganzer Länge schwingt. Spreche ich eine über ein Rohr gespannte von einem Rahmen eingefasste membranöse Zunge durch das Rohr an, so entsteht sowohl beim Ausstossen als Anziehen der Luft ein Ton; beide sind bei möglichst gleichem Anspruch verschieden, der letztere ist meist um einen halben bis ganzen Ton

tiefer. Die Weite der Spalte zwischen den Schenkeln und der elastischen Zunge hat auf die Höhe des Tons keinen sehr merklichen Einfluss; aber das Anblasen spricht leichter an, wenn die Spalte enger ist. Die Stärke des Anblasens kann den Ton etwas erhöhen, z. B. um einen halben Ton, und ebenso kann auch die Stärke des Einziehens den beim Einziehen der Luft entstehenden Ton um etwas erhöhen. Stösst die Zunge an irgend einer Stelle an eine Ungleichheit der Kante der Seitenschenkel, welche sie einfassen, an, so entsteht hier ein Schwingungsknoten und man hört einen viel höhern Ton als den Grundton.

Die Zungenblätter, die durch Spannung elastisch sind, können nun aber in mannigfaltigerer Form, als wir bisher dargestellt, realisiert werden. Es giebt nämlich folgende Formen der Zungen.

1. Ein saitenartig gespannter elastischer Streifen, der von zwei festen Schenkeln eingefasst ist; hier sind zwei Spalten, eine zu jeder Seite des platten Streifens. Diess war der bisher betrachtete Fall.

2. Eine elastische Membran deckt das Ende eines ganz kurzen Rohrs zur Hälfte oder zu irgend einem Theil zu; der andere von der Membran unbedeckte Theil wird von einer festen Platte gedeckt, so dass zwischen beiden eine Spalte übrig bleibt.

3. Zwei elastische Membranen sind über das Ende eines ganz kurzen Rohrs so ausgespannt, dass jede einen Theil der Oeffnung verdeckt und zwischen ihnen eine Spalte übrig bleibt.

Wird die Spalte einerseits von der elastischen Membran, anderseits von einer festen Platte mit scharfem Rande, z. B. Pappe oder Holz, begrenzt, so ist der Erfolg ganz derselbe, wie auf einer nach beiden Seiten freien Zunge. Der Ton war beim Blasen durch das Rohr um einen halben bis ganzen Ton höher, als wenn auf der Membran selbst ein Ton hervorgebracht wurde durch Antreiben eines feinen Luftstroms gegen den Rand. Der beim Blasen angegebene Ton liess sich in allen Fällen durch stärkeres Anblasen auf zwei halbe Töne höher treiben, aber nicht weiter. Der Ton beim Einziehen der Luft ist höher, nur dann tiefer, wenn die feste Platte etwas nach einwärts steht und ihr Rand hinter dem der Membran liegt. Wurde eine runde Röhre angewandt, so wurde die Membran, wie bei einer vierkantigen, nur in einer der Spalte parallelen Richtung gespannt. Membranen, die in einer Richtung gespannt werden, schwingen bekanntlich nach denselben Gesetzen wie die fadenförmigen durch Spannung elastischer Körper. Man sieht diess auch bei diesen Versuchen, denn wenn man ein Häutchen von Kautschuck so über einen quadratischen Rahmen spannt, dass es nur in einer Direction gespannt ist, während einer der Ränder frei ist, der diesem entgegengesetzte aber auf dem Rahmen aufliegt, so giebt die ganze Platte, wenn ihr Rand mit einem feinen Röhrchen stark angeblasen wird, den Grundton, wird aber ein Faden quer über die Platte gelegt, so kann man an der Hälfte der Platte durch Anblasen die Octave hervorbringen.

Da in einer Richtung gespannte Membranen ihre Schwingungen, wie die fadenförmigen durch Spannung elastischen Körper verändern, so wird also bei gleicher Spannung und gleichem Anspruch die Höhe des Tons zunehmen im umgekehrten Verhältniss der Länge der Membran oder der Spalte zwischen der elastischen und der festen Platte.

Die Breite der Spalte hat, so viel ich sehen kann, keinen grossen Einfluss auf die Höhe des Tons, wie bei den metallischen Zungen, aber das Anblasen spricht nicht mehr an, sobald die Spalte zu breit ist.

Von Wichtigkeit ist aber die Stellung des Rahmens gegen die Zunge. Liegt der Rand der festen Lamelle von Pappe dem Rande der membranösen Zunge gerade gegenüber, so kann der Ton um das Intervall von $c-f$ oder weniger höher seyn, als wenn die feste Platte etwas weiter vor als die elastische Platte gerückt ist.

Am interessantesten wird der Fall, wenn zwei elastische Membranen die Spalte wie eine Stimmritze begrenzen, diese können entweder gleich stark oder ungleich stark gespannt seyn.

Dadurch, dass man beim Anblasen der Ränder vom gespannten Kautschuckhäutchen einen Ton hört, hat man ein Mittel, die gleiche Spannung von zwei Membranen von Kautschuck, die von gleicher Länge sind, herbeizuführen, indem man die Spannung derselben so lange verändert, bis sie denselben Ton beim Anblasen ihres Randes mit einem feinen Röhrchen geben. Um die eine ohne die andere hiebei tönen zu lassen, drückt man diejenige, welche nicht tönen soll, etwas nieder oder bedeckt sie mit einer dünnen Pappplatte. Nach vorheriger gleicher Spannung von zwei nebeneinander über dem Ende einer vierkantigen Röhre ausgespannten Membranen, konnte nun der von ihnen gemeinschaftlich gegebene Ton geprüft werden. Er war, in diesem Fall, tiefer als der Grundton, den jede einzelne Lamelle beim Anblasen mit einem Röhrchen gab. Waren beide Lamellen für das Anblasen jeder einzelnen mit dem Röhrchen auf a gestimmt, so war der gemeinschaftliche Ton beim Anblasen des Rohrs, auf dem sie ausgespannt waren, gis . Bei einer zweiten Probe war der Ton jeder Platte beim Blasen mit dem Röhrchen c ; beider zusammen h . Bei einer dritten Probe waren beide auf h gestimmt und der gemeinschaftliche Ton war ais . Sind beide Platten verschieden hoch gestimmt durch ungleiche Spannung, so scheint oft keine solche Accommodation stattzufinden, wie zwischen den Schwingungen der metallenen Zunge und der Luft eines Ansatzrohrs. Selten gelingt es, die Töne beider Lamellen beim Anblasen zu geben. Der Ton, den man beim Anblasen hört, ist gewöhnlich nur einer, so als wenn die stärker oder die schwächer gespannte Platte nicht töne, oder wie man ihn hört, wenn man das eine gespannte Blatt durch eine aufgesetzte Pappplatte dämpft und diese Platte zur festen macht. Häufig schwingt die wegen zu tiefer Stimmung schwer ansprechende Platte nur schwach mit und wird etwas vorgetrieben. Folgende Versuche

erläutern das einseitige Tönen. Z. B. beide Platten waren so gestimmt, dass sie zwei um eine Octave verschiedene Töne für sich gaben. Wurde die eine durch das Anspruchsrohr, auf dem sie gespannt war, während auf der andern Seite der Spalte eine feste Platte aufgelegt wurde, angeblasen, so gab sie *d*. Wurde die feste Platte weggenommen, so dass die um eine Differenz von einer Octave verschieden gespannten Platten die Spalte begrenzten, so war der Ton gleichfalls, wie wenn die eine Membran fest wäre, *d*, und dieser Ton konnte durch starkes Blasen bis *dis*, *e*, *f* hinaufgetrieben werden. War der unmittelbar ohne Rohr durch einen feinen Luftstrom angegebene Ton des tiefer gespannten Bandes *e*, der des höher gespannten *h*, so dass beide um eine Quinte auseinander lagen, so war der Ton, der entstand, wenn das höher gespannte Band durch eine aufgedrückte Pappplatte gedämpft wurde, durch das Anspruchsrohr *g*; wurde die Platte weggenommen, so dass beide Bänder die Spalte begrenzten, so war der Grundton durch das Rohr auch *g*. Gab die eine Lamelle *a* gegen eine feste Platte, die andere stärker gespannte Lamelle *dis*, so erhielt ich beim ganz leisen Anblasen der Röhre *a*, also den Grundton der tiefer gestimmten Platte. Im letztern Fall musste die höher gestimmte Lamelle mehr passiv seyn, und nicht bestimmend auf die Schwingungen der tiefer gestimmten einwirken. Zuweilen scheint wirklich eine gegenseitige Einwirkung der Schwingungen aufeinander stattzufinden. CAGNIARD LA TOUR hat schon bei einem ähnlichen Versuch diess Resultat erhalten, nämlich dass sich die Schwingungen der beiden verschieden gestimmten Platten einander accommodiren. Waren sie z. B. um das Intervall einer Quinte verschieden gestimmt, so war der Ton die dazwischen liegende Terz. MAGENDIE, *Physiologie*, übers. v. HEUSINGER. Eisenach 1834. I. p. 246. Ich kann diess Resultat nicht in Zweifel ziehen; ich muss aber auf eine Quelle von Irrthum bei dergleichen Versuchen aufmerksam machen. Oefter glaubt man eine Accommodation wahrzunehmen, wo sie doch eigentlich nicht vorhanden ist. Z. B. bei einem von mir angestellten Versuch waren beide Blätter um eine Octave verschieden gespannt; das Instrument gab angesprochen *h*, das höher gespannte gab gegen eine ihm gegenüber liegende feste Platte *f* über *h*. Hier schien also eine Accommodation stattgefunden zu haben, und das allein *f* gebende Blatt schien mit dem eine Octave tiefer gestimmten Blatte *h* zu geben. Aber die Accommodation war hier nur scheinbar. Denn wenn ich die tiefer gestimmte Lamelle zurückzog und eine feste Platte von Pappe so gegen die höher gestimmte Lamelle stellte, dass die beiden Ränder nicht mehr ganz gegenüber lagen, sondern die feste Platte etwas vor der elastischen Lamelle vorragte, so gab diese allein angesprochen nicht mehr *f*, sondern *h*, wie sie gegeben hatte, als die Spalte von zwei Lamellen begrenzt war. Die feste Platte hatte hiebei ganz dieselbe Stellung, welche die tiefer gestimmte Platte beim Blasen erhält, wenn sie ungleich die Spalte begrenzt. Diese wird nämlich beim Blasen etwas vorgetrieben und schwingt nur schwach.

Die Regel ist diese: diejenige Lamelle tönt, welche bei dem jedesmaligen Anspruch des Blasens am leichtesten in Schwingung versetzt werden kann, und ist der Anspruch der Bewegung beider Lamellen angemessen, so können sogar beide schwingen und sich zu einem einfachen Ton accommodiren; sie können aber auch verschiedene Töne, oder der Anspruch, wenn er sich verändert, hintereinander beide Töne hervorbringen.

Die metallischen Zungen der Mundharmonica accommodiren sich, wenn sie zusammen von derselben Windlade des Mundes angesprochen werden, nicht.

Die elastischen Häute können übrigens mit ihren Rändern auch übereinander gelegt werden. Auch dann entstehen beim Blasen reine Töne.

Sehr kann man die Töne modificiren durch Dämpfen des schwingenden Blattes an verschiedenen Stellen mit dem Finger. Diese Versuche wurden an den Kautschuckhäutchen angestellt, die über das Ende eines Cylinders gespannt waren. Berührte ich den äussern Umfang eines der Blätter mit dem Finger, so nahm die Höhe des Tons etwas zu, und brachte ich den Druck des Fingers mehr und mehr noch gegen die Spalte hin an, so nahm die Höhe der durch Anblasen erzeugten Töne immer mehr zu.

Die membranösen Zungen unterscheiden sich von den metallischen in Hinsicht der Tonveränderung bei stärkerm Anspruch. Ein longitudinal schwingender Körper, wie eine Luftsäule, hebt seinen Ton etwas bei Verstärkung des Anblasens, ein transversal schwingender Körper tönt etwas tiefer bei grossen Excursionen, wie die Saiten und die metallischen Zungenblätter. W. WEBER in *POGGEND. Ann.* XIV. 402. Daher wird der Ton eines Zungenstücks mit metallischer Zunge etwas tiefer bei starkem Anblasen. (Diess Verhalten der metallischen Zungen hat vielleicht seinen Grund darin, dass bei schwachem Anspruch die metallene Zunge an der Basis nicht mitschwingt.) Die membranösen Zungen verhalten sich indess hiebei nicht anderen transversal schwingenden Körpern, z. B. Saiten, gleich. Denn bei stärkerm Blasen erhebt sich jedesmal der Ton, wie ich constant höre. (Mir scheint jedoch auch der Ton einer Mundharmonica mit metallischer zarter Zunge beim sehr starken Blasen sich etwas zu heben, und der Ton der ganz zarten Zunge einer Kinderschalmel geht, mag man das Stück, worin sie steckt, allein anblasen oder die ganze Röhre anblasen, bei successiv stärkerm Blasen durch den ganzen Umfang von $1\frac{1}{2}$ Octaven ohne Intervalle durch.

b. Paukenfellartig gespannte Zungen.

Zwei über das Ende einer Röhre nach mehreren Richtungen, nicht nach zwei Seiten allein gespannte Membranen, die eine Spalte zwischen sich haben, gehören schon zur Analogie der Paukenfelle; ebenso eine über das Ende einer Röhre allseitig gespannte einfache Membran mit mittlerer runder Oeffnung zum Durchgang der Luft. Zungen der letztgenannten Art sprechen

jedoch in der Regel nicht an und geben nur selten einen schwachen Ton.

Es fragt sich nun noch, ob die durch membranöse Zungen erzeugten Töne auch durch Ansatz von Röhren verschiedener Länge vor ein Mundstück in der Höhe verändert werden können, wie bei den Mundstücken von metallener Zunge.

Ich habe bald vor den Rahmen, worin die Kautschuckplatten gespannt waren, bald hinter denselben Röhren von verschiedener Länge angebracht. Die Ansatzröhre sowohl als die Windlade haben auf die Höhe des Tons grossen Einfluss.

B. Membranöse Zungen mit Ansatzrohr.

Um den Einfluss des Ansatzrohrs zu untersuchen, bediente ich mich zuerst der Röhre einer Clarinette, bei der der Einfluss der Luftsäule der Röhre auf den Ton des Mundstücks und der Einfluss der einzelnen Löcher auf die Modification des Tones bekannt ist. Ich nahm nämlich das gewöhnliche Mundstück der Clarinette ab und ersetzte es durch ein einlippiges Mundstück mit membranöser Zunge von Kautschuck. Die Stimmung der Platte wurde bei den verschiedenen Versuchen verschieden hoch genommen. Der Erfolg blieb sich indess im Allgemeinen ziemlich gleich.

Ist die Clarinette so vorbereitet, so versuche ich das Oeffnen und Schliessen der Seitenlöcher. Hiebei zeigt sich bald, dass das Ansatzrohr der Clarinette den Grundton der membranösen Zunge für sich tiefer macht, dass aber der Einfluss der Seitenlöcher viel geringer ist, als wenn das gewöhnliche Mundstück einer Clarinette dieser aufgesetzt wird. Durch successives Oeffnen der Seitenlöcher und Klappen von unten nach oben, lässt sich bei einer gewöhnlichen Clarinette der Ton successiv um halbe Töne erhöhen. Ist aber das Mundstück mit membranöser Zunge aufgesetzt, so wird die Höhe des Tons durch successives Oeffnen der Löcher von unten nach oben nur ganz unmerklich und bis zu den obersten Löchern und Klappen nur um einen Ton erhöht, nur die obersten Seitenlöcher haben einen erheblichen Einfluss. Nach dem Oeffnen der obersten Seitenlöcher war der Ton nur um einen ganzen Ton höher, als er bei Schliessung aller Seitenlöcher war.

Um den Einfluss der Ansatzröhren an membranösen Zungen bestimmter kennen zu lernen, liess ich von einem Orgelbauer zu einem Mundstück mit membranöser Zunge cylindrische Ansatzröhren von Pappe von verschiedener Länge verfertigen, die aneinander geschoben werden konnten. Der Querdurchmesser dieser Röhren betrug einen Zoll. Die erste dieser Röhren war zur Aufnahme des Mundstücks mit membranöser Zunge bestimmt. Die Membranen waren über das Ende eines kurzen Rohrs gespannt. Die Mundstücke waren verschieden. Eines war mit zwei Holzplättchen gedeckt, die eine Spalte zwischen sich liessen, in welche ein Streifen von dünnem Kautschuck als Zunge eingespannt werden konnte. Ein anderes Mundstück war nur zur Hälfte mit

einer Holzplatte gedeckt, so dass die offene Hälfte mit einer gespannten Kautschuckplatte bedeckt werden konnte. Ein drittes Mundstück war ohne Holzplatten und mit gespannten Kautschuckplatten gedeckt, die dicht aneinander lagen. Ein viertes Mundstück war auch mit zwei Kautschuckplatten gedeckt; an diesem Mundstück war die Oeffnung, über welche die Platten gespannt wurden, seitlich, so dass die Spalte parallel mit der Länge des Mundstücks verlief, wie an den gewöhnlichen Mundstücken der Zungenpfeifen. An den drei ersten Mundstücken war hingegen die Spalte in entgegengesetzter Richtung von der Achse des Mundstücks. Das Rohr des Mundstücks diente zum Anblasen. Das andere Ende, woran die Zunge, passte in das eine Ende der ersten Ansatzröhre von Pappe. Der Ansatzröhren waren 5. Die erste diente als Fuss zur Aufnahme des Mundstücks; diess Fussstück war so eingerichtet, dass der Grundton seiner Luftsäule $\overline{c}$ bildete. Ein zweites Stück konnte an das Fussstück angeschoben werden, es war von dem Orgelbauer so mensurirt, dass es mit dem Fussstück zusammen $\overline{c}$ bildete. Das dritte Ansatzstück gab mit dem Fussstück die Quinte $\overline{g}$. Das vierte Stück war so mensurirt, dass es mit dem Fuss $\overline{c}$ bildete. Das fünfte Stück war so lang, dass es mit dem vorhergehenden und dem Fuss c bildete. Hienach konnten die Stücke so aneinander gesetzt werden, dass sie für sich ohne Mundstück den Tönen $\overline{c}$ der Octave desselben $\overline{c}$, der Quinte des letzteren $\overline{g}$, der Octave des vorletzten $\overline{c}$ und der Octave dieses c entsprachen.

Das mit membranöser Zunge versehene Mundstück wurde nun mit diesen Röhren verschiedener Länge verbunden und der Einfluss der Ansatzröhren auf den Ton des Mundstücks untersucht. Die Versuche fielen sehr ungleich aus. Der Grundton des Mundstücks wurde durch den Fuss meist etwas tiefer, bald weniger als einen halben Ton, bald einen halben bis ganzen Ton. Eine feste Regel liess sich jetzt noch nicht einsehen. Bei Ansatz der nächsten Röhre zum Fuss wurde der Ton einen oder mehrere halbe Töne tiefer, oder erhob sich wieder; auch in dieser Hinsicht liess sich jetzt noch keine feste Regel herausbringen. Um einen festern Punct der Vergleichung bei so schwierigen und schwer auszulegenden Versuchen zu erhalten, wurde immer der bei dem schwächsten Anspruch entstehende Ton zur Grundlage angenommen; die höheren Töne, die sich bei stärkerm Anblasen durch Entstehung von Schwingungsknoten in der Ansatzröhre bildeten, aber bei der Vergleichung ausgeschlossen. In einigen Fällen wurde selbst beim Ansatz des zweiten Stücks, wodurch der Ansatz um eine Octave vermehrt wurde, kein Herabdrücken des Tons merklich. In diesem Fall trat dann bei dem nächsten Ansatzstücke zuweilen eine kleine Vertiefung um einen halben oder ganzen Ton ein; in anderen Fällen hingegen erhielt sich der Ton des Mundstücks, den es bei dem ersten Ansatzstück hatte, selbst beim Ansatz des zweiten, dritten und der übrigen Stücke unverändert.

Wenn der Ton bei Ansatz des zweiten Stücks herabgedrückt wurde, so erhob er sich beim Ansatz eines der folgenden Stücke gewöhnlich wieder um so viel, dass er dem Ton sich näherte oder gleich war, den das Mundstück mit dem Fussstück allein gab, und dann blieb der Ton bei Ansatz der letzten Stücke sich gleich oder fast gleich, oder aber senkte er sich unbedeutend bei Ansatz des letzten Stücks wieder. Zur Basis der Vergleichung der Töne des Mundstücks allein mit den Tönen, welche die Ansatzstücke allein zu geben fähig waren, diente eine besondere Labialpfeife, die denselben Grundton hatte, wie das Fussstück mit dem ersten Ansatzstück $\bar{c}$. Der Ton des Mundstücks und die Töne, welche das Mundstück mit den Ansatzröhren zusammen gab, wurden jedesmal an einem gut gestimmten Clavier bestimmt. Da die Versuche so ganz ungleich ausfielen, das Verhältniss des Tons des Mundstücks zum Ton des Ansatzrohrs, ferner die verschiedene Stärke und Art des Anblasens, die theils nicht zu vermeiden sind, theils aber nöthig werden, um bei gewissen Ansätzen noch einen tiefen Ton hervorzubringen, keine Gleichheit des Resultats aufkommen lassen, so würde eine Mittheilung aller einzelnen Versuche, die sehr oft angestellt wurden, kaum der Mühe verlohnen. Ich will nur einige Beispiele von einem einlippigen Mundstück anführen, um zu zeigen, wie ungleich das Resultat war.

I. Das Mundstück war durch Spannung so gestimmt, dass es allein durch ein Röhrchen angeblasen den Grundton $\bar{c}$ der Labialpfeife angab.

Mundstück durch das kurze Anspruchsrohr angeblasen, allein ohne Ansatz $\bar{a}$ der vorhergehenden Octave.

Mit dem Fuss $\bar{gis}$ einen halben Ton tiefer.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2 oder Fuss mit dem Ansatzstück, das mit dem Fuss die tiefere Octave des Fusses oder $\bar{c}$ bildete, $\bar{e}$.

Mit dem nächsten Ansatz hob sich der Ton wieder auf $\bar{g}$.

II. Mundstück mit Anspruchsrohr $\bar{ais}$ unter dem Grundton $\bar{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss $\bar{ais}$.

Mit Verdoppelung des Fusses durch den Ansatz das nächst tiefere $\bar{gis}$.

Fuss mit dem Quintenstück wieder $\bar{ais}$, wie beim Fuss.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4 wieder $\bar{a}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8 wieder $\bar{ais}$, wie beim Fuss.

III. Mundstück aus dem Anspruchsrohr allein das $\bar{a}$ unter dem Grundton $\bar{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fussstück $\bar{a}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2 das nächst tiefere $\bar{fis}$.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück, bleibt $\bar{fis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4 das nächste $\overline{gis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8 wieder $\overline{fis}$.

IV. Mundstück aus dem Anspruchsrohr allein giebt $\overline{e}$ der Octave unter dem Grundton $\overline{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss das nächst tiefere $\overline{dis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2 wieder $\overline{e}$.

Fuss mit dem Quintenstück wieder $\overline{dis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4 wieder $\overline{e}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8, $\overline{e}$ bleibt.

V. Mundstück aus dem Anspruchsrohr allein giebt $\overline{e}$ unter dem Grundton $\overline{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss das nächst tiefere $\overline{d}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2, kein Ton.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück $\overline{dis}$ derselben Octave.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4, $\overline{e}$ derselben Octave.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8, kein Ton in derselben Octave, schwankendes $\overline{h}$ der nächst höhern Octave bei stärkerm Anspruch.

VI. Mundstück aus dem Anspruchsrohr allein $\overline{cis}$ nächst unter $\overline{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss das nächst tiefere $\overline{c}$, ein halber Ton tiefer.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2 wieder $\overline{cis}$.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück wieder $\overline{cis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4 $\overline{ais}$ tiefer.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8 wieder $\overline{cis}$.

VII. Mundstück aus dem Anspruchsrohr übereinstimmend mit dem Grundton $\overline{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss $\overline{h}$, ein halber Ton tiefer.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2 $\overline{f}$ tiefer.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück wieder $\overline{f}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4 $\overline{gis}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8 $\overline{fis}$.

VIII. Mundstück aus dem Anspruchsrohr allein eine Octave höher als der Grundton $\overline{c}$ der Labialpfeife.

Mit Fuss bleibt $\overline{c}$.

Verlängerung des Fusses auf das Doppelte, bleibt $\overline{c}$.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück, wieder $\overline{c}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4, das nächst tiefere $\overline{h}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8, wieder $\overline{c}$.

IX. Mundstück aus dem Anspruchsrohr $\overline{\overline{d}}$ der Octave über $\overline{c}$ dem Grundton der Labialpfeife.

Mit Fuss bleibt $\overline{\overline{d}}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 2, dasselbe $\overline{\overline{d}}$.

Verlängerung des Fusses durch das Quintenstück, dasselbe $\overline{\overline{d}}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 4, — $\overline{\overline{dis}}$.

Verlängerung des Fusses von 1 zu 8, dasselbe unreine $\overline{\overline{dis}}$.

Die Widersprüche der einzelnen Versuche sind auffallend. Ursachen davon sind das verschiedene Verhältniss des Grundtons des Mundstücks zu dem Grundton des Ansatzrohrs, und die verschiedene Art des Anspruchs, die nöthig war um den Ton hervorzulocken, und welche sogleich den Ton modificirt. So viel ergibt sich dagegen als Gewissheit, dass ein kurzes Rohr, dessen eigener Ton ohne Mundstück viel höher seyn würde, als der Ton des Mundstücks allein, bei kurzer Windlade den Ton nicht zu sich in die Höhe zieht, sondern gewöhnlich etwas vertieft, und dass eine Vermehrung des Ansatzes, wenn der Ton gefallen war, zuletzt wieder in die Nähe des ursprünglichen Tons zurückführt.

Bei den vorher angeführten Versuchen war der Anspruch der Zungenwerke mit membranöser Zunge mit dem Mund geschehen. Ganz interessant wird der Fall, wenn man das auf eine Ansatzröhre gesetzte Mundstück nicht mit dem Munde anbläst, wobei der Strom der Luft nothwendig durch das Ansatzrohr durchgeht, sondern die membranöse Zunge durch Hinwegblasen mit einem feinen Röhrchen über dieselbe anspricht. In diesem Fall geht gar kein Strom der Luft durch die Ansatzröhre durch. Die Veränderung des Tons des Mundstücks durch das Ansatzrohr blieb auch hier nicht ganz aus. Ich führe einige der auf diese Art angestellten Versuche an.

I. Ton der Kautschuckzunge des Mundstücks ohne allen Ansatz beim Anspruch mit einem feinen Röhrchen $\overline{h}$.

Mit dem Fuss, Anspruch der Zunge mittelst des feinen Röhrchens $\overline{ais}$.

Ansatz eines Rohrs von $\overline{c}$, Anspruch der Zunge wie vorher, Ton $\overline{h}$, spricht schlecht an.

Verbindung des Fusses mit dem Quintenstück, $\overline{h}$.

Ansatz des Rohrs von $\overline{c}$ giebt mit der Zunge den Ton $\overline{gis}$.

Ansatz eines Rohrs von c giebt mit der Zunge $\overline{ais}$.

II. Ton einer Zunge bei $3\frac{1}{2}$ Zoll Ansatzrohr $\overline{c}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{c}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{c}$,

Fussstück mit dem Quintenstück $\overline{c}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{c}$,

beim Ansatzrohr von c giebt $\overline{h}$.

III. Ton einer Zunge bei $3\frac{1}{2}$ Zoll Ansatzrohr $\overline{dis}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{d}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{d}$,

Fussstück mit dem Quintenstück $\overline{cis}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{dis}$,

beim Ansatzrohr von c giebt $\overline{d}$.

IV. Ton der Kautschuckzunge bei $2\frac{1}{2}$ Zoll Ansatzrohr $\overline{h}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{ais}$,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{h}$ schwach,

beim Ansatzrohr von $\overline{c}$ giebt $\overline{h}$ schwach,

beim Ansatzrohr von c giebt $\overline{h}$ schwach.

Die bisherigen Reihen der Versuche geben nur einen unvollkommenen Begriff von der Modification des Zungentons durch das Ansatzrohr. Die angewandten Röhren von bestimmtem Maass können in einzelnen Fällen den Ton wenig verändern und doch würden es andere Verhältnisse der Röhren sehr gut thun können. Es ist diess ein Hauptgrund, warum die bisher angewandten Ansatzröhren bei gewissen Tönen des Mundstücks nur geringe, bei anderen aber grosse Veränderungen hervorgebracht haben. Um einem bestimmten Gesetz, welches hierbei obwaltet, auf die Spur zu kommen, wandte ich Röhren von 1 Zoll Durchmesser an, die durch Verschiebung von kleinen Dimensionen bis zu 4 Fuss ganz successiv verlängert werden können.

Mit dieser Vorrichtung wurde der Einfluss des Ansatzrohrs auf den Ton des Mundstücks von den kleinsten Dimensionen an gemessen.

Folgende Versuche wurden damit angestellt.

I. Grundton einer einlippigen Kautschuckzunge (durch ein Windrohr von 3") $\overline{cis}$.

Ansatz.	Ton.	Bemerkungen.
0	$\overline{cis}$	
6"	$\overline{c}$	Der Ton fällt.
6" 9"	$\overline{h}$	"
7" 6"	$\overline{ais}$	"
9"	$\overline{a}$	"
9" 6"	$\overline{a}$ und $\overline{cis}$	Der Ton springt von $\overline{a}$ auf $\overline{cis}$, $\overline{cis}$ bleibt bis gegen 18" Ansatz.
18"	$\overline{c}$	Fällt.
20"	$\overline{cis}$	"
22" 6"	$\overline{a}$ und $\overline{cis}$	Der Ton springt von $\overline{a}$ auf $\overline{cis}$ und bleibt dann $\overline{cis}$ bis gegen 30" Ansatz.

Ansatz.	Ton.	Bemerkungen.
30"	$\overline{c}$	Fällt.
31"	$\overline{h}$ und $\overline{cis}$	Der Ton springt von $\overline{h}$ auf $\overline{cis}$.
36"	$\overline{cis}$	
40"	$\overline{c}$	Fällt.
45"	$\overline{h}$ und $\overline{cis}$	Springt.
48"	$\overline{cis}$	

II. Grundton einer einlippigen Kautschuckzunge durch den Anspruch des Mundes ohne Windrohr $\overline{dis}$.

0	$\overline{dis}$	
3"	$\overline{d}$	Der Ton fällt.
4" 6"	$\overline{cis}$	"
5"	$\overline{c}$	"
6" 6"	$\overline{h}$	"
7"	$\overline{ais}$	"
8"	$\overline{a}$	"
9" 6"	$\overline{gis}$	"
10"	$\overline{gis}$ und $\overline{cis}$	Der Ton springt von $\overline{gis}$ auf $\overline{cis}$.
11"	$\overline{cis}$	Fällt.
13"	$\overline{c}$	"
17" 6"	$\overline{h}$	"
20" 6"	$\overline{ais}$	"
22"	$\overline{a}$	"
23" 6"	$\overline{gis}$	"
26" 6"	$\overline{gis}$ und $\overline{h}$	Hintereinander. Sprung.
31"	$\overline{ais}$	
35"	$\overline{a}$	Der Ton fällt.
39"	$\overline{gis}$	"
41"	$\overline{gis}$ und $\overline{h}$	Hintereinander.
45"	$\overline{ais}$	Fällt.

III. Einlippige Zunge ohne Windrohr.

3" 6"	$\overline{f}$	
4"	$\overline{e}$	Der Ton fällt.
4" 6"	$\overline{dis}$	"
5"	$\overline{d}$	"
6"	$\overline{cis}$	"
6" 8"	$\overline{c}$	"
7" 6"	$\overline{h}$	"

Ansatz.	Ton.	Bemerkungen.
8"	$\overline{ais}$	Der Ton fällt.
8" 6'''	$\overline{c}$	"
9"	$\overline{gis}$	"
9" 6'''	$\overline{g}$	"
10"	$\overline{fis}$	"
11" 3'''	$\overline{f}$	"
12"	$\overline{e}$	"
12" 6'''	$\overline{dis}$	"
14"	$\overline{d}$	"
17" 6'''	$\overline{dis}$	"
19"	$\overline{dis}$ und $\overline{c}$	Hintereinander. Sprung.
20" 3'''	$\overline{h}$	Der Ton fällt.
21"	$\overline{ais}$	"
22" 6'''	$\overline{a}$	"
24"	$\overline{gis}$	"
25"	$\overline{g}$	"
29" 9'''	$\overline{fis}$	"
33"	$\overline{f}$	"
34" 3'''	$\overline{e}$	"
35" 6'''	$\overline{dis}$	"
38" 6'''	$\overline{dis}$ und $\overline{c}$	Hintereinander. Sprung.
40"	$\overline{dis}$	Der Ton fällt.
42"	$\overline{d}$	"
42" 9'''	$\overline{cis}$	"
43" 4'''	$\overline{c}$	"
44" 4'''	$\overline{h}$	"
44" 6'''	$\overline{ais}$	"
45"	$\overline{a}$	"
46"	$\overline{gis}$	"

IV. Ton einer einlippigen Zunge (durch den Mund ohne Windrohr) $\overline{h}$.

0	$\overline{h}$	
1" 2'''	$\overline{ais}$	Der Ton fällt.
2"	$\overline{a}$	"
3"	$\overline{gis}$	"
7" 6'''	$\overline{g}$	"
9"	$\overline{fis}$	"
10"	$\overline{f}$	"
13"	$\overline{e}$	"
17"	$\overline{dis}$	"

Ansatz.	Ton.	Bemerkungen.
22" 4'''	$\overline{+ ais}$	Sprung.
23"	$\overline{g}$	Der Ton fällt.
25" 6'''	$\overline{fis}$	"
27" 6'''	$\overline{f}$	"
32"	$\overline{e}$	"
39" 6'''	$\overline{dis}$	"
40"	$\overline{g}$	Sprung.
42" 3'''	$\overline{fis}$	Der Ton fällt.
45"	$\overline{f}$	"

V. Ton einer einlippigen Kautschuckzunge durch den Mund ohne Windrohr angesprochen $\overline{e}$.

3"	$\overline{\overline{dis}}$	Fällt.
3" 9'''	$\overline{\overline{d}}$	"
4" 9'''	$\overline{\overline{cis}}$	"
5" 6'''	$\overline{\overline{c}}$	"
6" 2'''	$\overline{\overline{h}}$	"
7" 4'''	$\overline{\overline{ais}}$	"
10"	$\overline{\overline{a}}$	"
13" 6'''	$\overline{\overline{e}}$	Springt.
15"	$\overline{\overline{d}}$	Fällt.
15" 8'''	$\overline{\overline{cis}}$	"
17" 6'''	$\overline{\overline{c}}$	"
20"	$\overline{\overline{h}}$	"
24"	$\overline{\overline{a}}$	"
28"	$\overline{\overline{dis}}$	Springt.
29" 6'''	$\overline{\overline{d}}$	Fällt.
30"	$\overline{\overline{c}}$	"
30" 6'''	$\overline{\overline{h}}$	"
34"	$\overline{\overline{ais}}$	"
35"	$\overline{\overline{a}}$	"
41" 6'''	$\overline{\overline{dis}} - \overline{\overline{e}}$	Springt.
42"	$\overline{\overline{c}}$	"
43"	$\overline{\overline{h}}$	"

VI. Ton einer einlippigen Kautschuckzunge bei 5 Zoll Ansatzrohr $\overline{g}$. Der Rahmen der Zunge liegt etwas auf der Holzplatte oder dem Rahmen auf. Der Ton fällt bis 21 Zoll Ansatz, springt bei 21, fällt wieder bis 42, springt und fällt wieder.

Diese Versuche wurden noch öfter wiederholt und gaben ähnliche Resultate.

Dass die Veränderung des Tons einer membranösen Zunge nicht gleichmässig von der absoluten Länge der Ansatzröhre abhängt, ergab sich schon aus der ersten Reihe der Versuche mit gleichbleibenden Ansätzen bei verschieden hoch gestimmten Zungen. Aus der gegenwärtigen Reihe der Versuche ergibt sich noch bestimmter dass diese Veränderung abhängt vom Verhältniss des Grundtons der Zunge zum Grundton der Ansatzröhre. Unsere Ansatzröhren waren ein Zoll im Durchmesser. Eine Ansatzröhre dieser Art von 11 Zoll 4 lin. Par. hat $\bar{c}$ zu ihrem Grundton. Hiernach lassen sich die Grundtöne der jedesmal angewandten Ansätze berechnen. Gewöhnlich fällt der Ton durch successive Ansätze oder Verlängerung der Ansatzröhre durch alle halbe Töne bis die Röhre eine solche Länge erreicht, dass ihr Grundton allein dem Grundton der Zunge sich annähert, und schon vorher hat die Vertiefung ihre Grenze; denn nicht um eine ganze Octave lässt sich der Ton leicht auf diese Art vertiefen, z. B. nur von $\bar{c}$ bis $\bar{a}$ (Versuch I.) von $\bar{dis}$ — $\bar{gis}$ (II.) $\bar{e}$ — $\bar{a}$ (V.). An einer bestimmten Grenze springt er zum Grundton der Zunge oder in dessen Nähe wieder in die Höhe und fällt jetzt durch weitere Ansätze bis ohngefähr diese das doppelte erreicht haben, nun springt er wieder in die Höhe, fällt wieder durch neue Ansätze. In mehreren Fällen (III.) dauerte das Fallen länger fort bis in die Nähe einer Octave herab. Der Sprung in die Höhe trat dann nicht da ein, wenn der Ansatz ohngefähr so lang war, dass sein Grundton dem der Zunge nahe war, sondern der Sprung trat erst bei dem doppelten dieser Länge ein. Die Ursachen dieser Verschiedenheit sind mir nicht bekannt geworden. Soviel ergibt sich aber schon jetzt aus diesen Versuchen, dass sich die Zungenpfeifen mit membranöser Zunge ohngefähr auf ähnliche Weise wie die Zungenpfeifen mit metallischer Zunge beim Ansetzen von Röhren verhalten. Bei den letzteren lassen die Versuche eine viel grössere Praecision zu, weil sich der Ton der metallischen Zungen durch Veränderung der Stärke des Anspruchs nur äusserst wenig verändert, während diese Veränderung (um einen halben selbst ganzen Ton) bei den membranösen Zungen so leicht ist. Durch Ansprechen der Zungen mittelst eines Blasebalges, der durch Gewichte beschwert ist, würde man wohl diesem Uebelstande einigermaßen abhelfen können, indessen hat das Anblasen mit dem Munde mittelst des schwächsten tongebenden Anspruchs doch gewisse Vorzüge und ist kaum zu vermeiden, weil oft nur eine bestimmte Art des Anspruchs und Lage der Lippen (ohne Veränderung der Stärke des Blasens) einen Ton hervorlockt.

Ueber die Veränderung der Töne der Zungenpfeifen mit metallischen Zungen durch Ansatzröhren besitzen wir die classischen Untersuchungen von W. WEBER. POGGEND. *Annal.* XVI. XVII. WEBER hat darüber folgende Aufschlüsse gegeben:

A sey der vierte Theil der Länge einer Ansatzröhre deren Luftsäule einen mit der isolirten Zunge gleichen Grundton hat.

Je tiefer oder höher daher der Ton der isolirten Zunge ist, desto länger oder kürzer ist a .

1. Eine Ansatzröhre, die bis a verlängert wird, vertieft den Ton unmerklich.

2. Bei Verlängerung von a bis $2a$ wächst die Tiefe merklich; indessen wächst die Dauer der Schwingungen langsamer als die Länge der Luftsäulen.

3. Während die Länge der Luftsäule von $2a$ bis $3a$ zunimmt, vertieft sich der Ton schnell und die Tiefe wächst fast eben so schnell als die Länge der Luftsäule.

4. Bei der Verlängerung von $3a$ bis $4a$ wird der Ton noch schneller tief, bis er zuletzt eine Octave tiefer als der Ton der Zunge allein ist; die Vertiefung wächst dabei vollkommen gleich schnell als die Länge der Luftsäule. Bei fortgesetzter Verlängerung springt der Ton plötzlich auf den hohen Ton der isolirten Platte zurück und dieser wird durch weitere Verlängerung wieder auf dieselbe Weise tiefer und wird bei einer Länge von $8a$ um eine Quarte tiefer als der Ton der isolirten Zunge. Bei weiterer Verlängerung springt der Ton wieder in die Höhe auf den Ton der Zunge, dieser wird durch Verlängerung der Ansatzröhre bis auf $12a$ bis zur kleinen Terz des Tons der Zunge vertieft. Dann springt der Ton wieder zurück. *POGGEND. Annal. XVI. 425.*

Der Ton der Zungenpfeifen mit membranöser Zunge kann ausser den Ansatzröhren noch durch zwei Mittel, durch die Stärke des Blasens und durch die theilweise Verschliessung der Endöffnung des Ansatzrohrs verändert werden.

Wurde das Mundstück mit membranöser Zunge mit Ansatzröhren von einiger Länge, z. B. 4 Fuss versehen, so konnte der Ton durch stärkeres Anblasen und andere Art des Anblasens fast bis zur Octave in halben Tönen steigen. Was nicht durch einfache Verstärkung des Anblasens erreicht werden konnte, konnte durch Blasen mit engerer Lippenöffnung erzielt werden; so z. B. war der Ton der Zungenpfeife von 4 Fuss mit membranöser Zunge c ; durch stärkeres Anblasen mit oder ohne Zusammenziehen der Lippen stieg er mit Leichtigkeit auf cis , d , dis , e , sehr schwer war f , dann wieder leicht fis , g , gis , a , ais , sehr schwer aber h und unrein.

Nach den Gebrüdern WEBER (*Wellenlehre. 526.*) können auch die Zungenpfeifen mit metallischen Zungen Flageolettöne (Schwingungen mit Schwingungsknoten) hervorbringen und der Ton, den eine Zungenpfeife hervorbringt, wenn sie einfach schwingt, ist um eine Octave und eine Quinte tiefer als wenn sie so schwingt, dass sich ein Schwingungsknoten bildet; so dass sich in dieser Hinsicht die Zungenpfeifen wie Pfeifen verhalten, deren eines Ende offen, deren anderes verschlossen ist. Aber diess ist bloss den Zungenpfeifen mit membranöser Zunge eigen, dass sich der Ton der Zunge allein sowohl, wie in ihrer Verbindung mit dem Ansatzrohr durch Stärke des Blasens in einigen halben Tönen heben lässt. Nehme ich statt trockner elastischer Zungen nasse elastische Häute, z. B. von Arterienhaut, so lässt sich der Ton ohne Ansatz noch viel höher treiben, in halben Tönen bis gegen die Quinte.

Die Endöffnung des Ansatzrohrs hat auf den Ton der Zungenpfeife mit membranöser Zunge Einfluss. Bei einem Ansatzrohr von 3 Zoll am Mundstück, konnte ich den Ton durch grösser werdende Bedeckung der Oeffnung um eine ganze Quinte herabdrücken. Beim Ansatz des Stücks von 6 Zoll fiel der Ton des Mundstücks bei der halben Bedeckung um einen halben Ton, durch Einbringen des Fingers von *c* bis *f*. In demselben Maass als der Ton sich erniedrigt, verliert er an Stärke. In manchen Fällen war der Erfolg des Einbringens des Fingers ein ganz entgegengesetzter; der Ton erhob sich nämlich etwas, so z. B. war der Ton der Zungenpfeife von 24 Zoll, deren Mundstück *d* gab, *dis*, durch Einbringen des Fingers konnte der Ton etwas gehoben werden, und Aehnliches kam öfter vor.

Die Ursache dieses letztern widersprechenden Verhaltens war mir lange unklar geblieben, bis ich ihr näher auf die Spur kam. So lange der Ton durch Ansätze sich noch vertieft, wird er durch Bedeckungen der Endöffnung immer tiefer. Wenn aber die Verlängerung einen Punct erreicht, wo der Ton nahe ist am Sprung auf den hohen Ton zurück, dann kann die Bedeckung den Ton etwas erheben und sogar den Sprung herbeiführen. So z. B. fiel der Ton von 5 Zoll Ansatz bis 15 Zoll fortwährend, nämlich von $\bar{g}$ zu $\bar{a}$. Bei Längen der Ansätze zwischen 5 und 15 Zoll bewirkte die Bedeckung der Endöffnung immer eine Vertiefung. Bei 21 Zoll Ansatz war der Ton auf dem Sprunge von *dis* auf *g* in die Höhe und bei dieser Länge des Rohrs konnte der Ton durch Bedeckung der Endöffnung auf *e* gebracht und der Sprung auf $\bar{g}$ leichter herbeigeführt werden.

Befindet sich eine bedeutende Verengerung (Stopfen) am andern Theil des Ansatzrohrs, nämlich dicht vor der Zunge, so wird der Ton meist höher, als durch das Anspruchsrohr ohne Verengerung.

C. Einfluss des Windrohrs auf den Ton der membranösen Zungen.

Den Einfluss des Windrohrs auf die Höhe des Tons einer Zungenpfeife mit metallischer Zunge hat, wie es scheint, zuerst GRENIÉ beobachtet. MUNCKE in GEHLERS *physik. Wörterb.* VIII. 376. Dieser Einfluss ist bisher noch nicht hinreichend erörtert worden. Ich finde dass das Windrohr, durch welches eine membranöse Zunge angeblasen wird, einen ebenso grossen Einfluss auf Vertiefung des Tons der Zunge als das Ansatzrohr hat. Dieser Gegenstand ist auch wieder in Beziehung auf das Stimmorgan von der grössten Wichtigkeit und muss hier ausführlich erklärt werden.

Im allgemeinen giebt es 5 Zustände, in welchen eine Zunge zum Tönen gebracht wird. 1. Sie wird ohne Ansatzrohr und Windrohr und ohne Rahmen durch den freien Strom der Luft aus einem feinen Röhrchen angeblasen; der Ton ist wie wir gesehen schon verschieden von dem, den sie in einem Rahmen gespannt giebt, wenn der Rahmen mit den Lippen umfasst und der Anspruch durch den Mund geschieht. 2. Die Zunge ist von

einem Rahmen begrenzt und wird ohne Ansatzrohr und ohne Windrohr durch den Mund angesprochen, wobei die Athemorgane allein die Windlade sind. 3. Die Zunge ist mit einem Ansatzrohr versehen, und der Anspruch geschieht ohne besonderes Windrohr durch den Mund. 4. Die Zunge ist ohne Ansatzrohr und wird durch ein Windrohr auf dem sie gespannt ist, angeblasen. 5. Die Zunge ist mit Anspruchsrohr und zugleich mit Windrohr versehen. In allen diesen Fällen ist der Grundton der Zunge verschieden.

Was die Verbindung der Zunge mit einem Windrohr betrifft, so ist der einfachste Fall zunächst zu untersuchen, wenn die Zunge ohne Anspruchsrohr ist, und sich am Ende des Windrohrs an ihrem Rahmen befindet. Die Veränderung der Töne bei verschiedener Länge des Windrohrs ist hier eine ganz ähnliche wie bei den Ansatzröhren verschiedener Länge. Bei Verlängerung des Windrohrs vertieft sich der Ton durch alle halben Töne bis zu einer gewissen Grenze, indem auch die Vertiefung keine Octave erreicht. Bei weiterer Verlängerung springt der Ton wieder zurück und wird hoch, vertieft sich von dort aus wieder mit fortschreitender Verlängerung, springt nochmals auf denselben hohen Ton zurück, vertieft sich von da an wieder, springt wieder zurück und so weiter. Doch findet keine vollkommene Uebereinstimmung zwischen den Längen eines Ansatzrohrs und eines Windrohrs, die zur Erzielung eines gewissen Tons nöthig sind, statt. Ich habe eine über eine Röhre von $\frac{1}{2}$ Zoll Länge gespannte einlippige Kautschuckzunge zu diesen Versuchen benutzt. Dem Rande der Zunge lag eine feste Holzplatte gegenüber, wie in der vorhergehenden Reihe der Versuche. Diese Zunge mit bestimmter gleichbleibender Stimmung wurde in dem einen Fall mit einem Ansatzrohr versehen und durch den Mund angeblasen, indem der Umfang des Rahmens mit den Lippen umfaßt wurde; im zweiten Fall wurde dieselbe Zunge ohne Anspruchsrohr mit einem Windrohr angeblasen, das beliebig so wie im ersten Fall das Ansatzrohr verlängert werden könnte. Die folgende Tabelle enthält die Längen des Ansatzrohrs und Windrohrs, welche nöthig waren, um aus derselben gleichgestimmten Zunge dieselben Töne zu erhalten. Die Stimmung der Zunge allein war $\bar{h}$ (für den Anspruch mit dem Mund.)

Töne.	Windrohr ohne Ansatzrohr.	Töne.	Ansatzrohr ohne Windrohr.
$\bar{a}is$	4" 6'''	$\bar{a}is$	1" 2'''
$\bar{a}$	9" 10'''	$\bar{a}$	2"
$\bar{g}is$	13"	$\bar{g}is$	3" — 5" 6'''
$\bar{g}$	15" 6'''	$\bar{g}$	7" 6'''
$\bar{f}is$	17" 6'''	$\bar{f}is$	9"
$\bar{f}$	19"	$\bar{f}$	10"
		$\bar{e}$	13"
		$\bar{dis}$	17"

Töne.	Windrohr ohne Ansatzrohr.	Töne.	Ansatzrohr ohne Windrohr.
$\overline{f}$ u. $\overline{ais}$	20" Sprung des Tons.	$\overline{ais} +$	22" 4" Sprung d. Tons.
$\overline{a}$	24" 6"	$\overline{g}$	23"
$\overline{gis}$	27" 6"	$\overline{fis}$	25" 6"
$\overline{g}$	29"	$\overline{f}$	27" 6"
$\overline{fis}$	32"	$\overline{e}$	32"
		$\overline{dis}$	39" 6"
$\overline{f}$ u. $\overline{ais}$	35" Sprung des Tons.		
$\overline{a}$	37"	$\overline{g}$	40" $\overline{dis}$ springt auf $\overline{g}$.
$\overline{gis}$	42"	$\overline{fis}$	42"
$\overline{g}$	46"	$\overline{f}$	45"

Bei einem zweiten vergleichenden Versuch erhielt ich folgende Resultate. Grundton der Zunge allein $\overline{e}$.

$\overline{d}$	4" 9"	$\overline{e}$	1"
$\overline{cis}$	6"	$\overline{dis}$	3'
$\overline{c}$	7" 6"	$\overline{d}$	3" 9"
$\overline{h}$	9" 6"	$\overline{cis}$	4" 9"
$\overline{a}$	10"	$\overline{c}$	5" 6"
		$\overline{h}$	6" 2"
		$\overline{ais}$	7" 4"
		$\overline{a}$	10"
$\overline{d}$	15" 9" Sprung.	$\overline{e-dis}$	13" 6" Sprung.
$\overline{cis}$	18" 9"	$\overline{d}$	15"
$\overline{h}$	22"	$\overline{cis}$	15" 8"
		$\overline{c}$	17" 6"
		$\overline{h}$	20"
		$\overline{a}$	24"
$\overline{d}$	24" 9" Sprung.	$\overline{dis}$	28" Sprung.
$\overline{c}$	30" 6"	$\overline{d}$	29" 6"
	Spricht nicht mehr an.	$\overline{c}$	30"
		$\overline{h}$	30" 6"
		$\overline{ais}$	34"
		$\overline{a}$	35"

Töne.	Windrohr ohne Ansatzrohr.	Töne.	Ansatzrohr ohne Windrohr.
		$\overline{\overline{dis}} - \overline{\overline{e}}$	41" 6''' Sprung.
		$\overline{\overline{c}}$	42"
		$\overline{\overline{h}}$	43" 6'''

Endlich ist auch die Modification des Tons der Zunge durch Verengung des Windrohrs an dem einen oder andern Ende zu erwähnen. Wurde in einem kurzen Windrohr gegen das Ende, wo die Zunge, ein Stopfen angebracht, der in der Mitte durchbohrt allein den Luftstrom durchliess, so wurde dadurch der Ton höher. Dieser Einfluss wirkt wie die Verkürzung des Stimmrohrs.

Wurde hingegen die Verengung des Windrohrs an dem der Zunge entgegengesetzten Ende, wo die Lippen angesetzt wurden, angebracht, durch Verengung der Lippenöffnung, so wurde der Ton tiefer, wenn der Ton nicht durch die Länge des Windrohrs vertieft war; hatte das Windrohr den Ton sehr vertieft, so änderte die enge Lippenöffnung entweder nichts, oder erhob sogar den Ton ein wenig.

D. Membranöse Zungen mit Ansatzrohr und Windrohr.

Die Längen, welche Windrohr und Ansatzrohr allein haben müssen, um eine gewisse Vertiefung des Tones einer Zunge zu erhalten, sind nicht allein ungleich, es findet auch keine Compensation des einen durch das andere statt. Fände eine Compensation statt, so würde man, wenn eine Länge n des Ansatzrohrs mit der Zunge ohne Windrohr den Ton x giebt, eine kleinere Länge des Ansatzrohrs $n - a$, mit einem Windrohr a wieder den Ton x geben müssen. Dies ist aber nicht der Fall. z. B. eine Ansatzröhre von $12\frac{1}{2}$ Zoll gab mit der Zunge $\overline{\overline{fis}}$, wurden aber diese $12\frac{1}{2}$ Zoll Rohr auf $6\frac{1}{4}$ Ansatz und $6\frac{1}{4}$ Windrohr vertheilt, so war der Ton $\overline{\overline{gis}}$. Eine Ansatzröhre von $7\frac{1}{2}$ Zoll gab mit einer Zunge $\overline{\overline{ais}}$, diese $7\frac{1}{2}$ Zoll Rohr auf Ansatz und Windrohr vertheilt, gab $\overline{\overline{d}}$.

Mache ich Ansatz- und Windrohr jedes so lang, dass das Ansatzrohr mit der Zunge, (die Zunge vom Munde angeblasen) denselben Ton giebt, wie die Zunge mit dem vom andern Ende angeblasenen Windrohr allein, so giebt die Verbindung der Zunge mit dem Ansatz vorn, mit dem Windrohr hinten, jetzt denselben Ton. Dieser Versuch wurde oft wiederholt, das Resultat blieb sich gleich. Daraus und aus dem obigen scheint hervorzugehen, dass die Luftsäulen des Ansatzrohrs und des Windrohrs für sich bestimmend auf den Ton der Zunge einwirken, so dass, wenn Windrohr und Ansatzrohr mit der Zunge allein verschiedene Töne geben würden, sie auch verschieden bestimmend auf die Zunge wirken. Die Zungenpfeife wird also durch den Ansatz eines Windrohrs noch complicirter als sie durch den Ansatz des Ansatzrohrs schon geworden ist; und da bei jedem

Anspruch, geschehe er auch durch den Mund allein, oder durch einen Blasebalg, die Windlade immer schon als Windrohr zu betrachten ist, so ist bei dem einfachsten Versuch mit einer Zunge mit Ansatzrohr, die durch den Mund allein angesprochen wird, der Ton schon durch ein Windrohr modificirt. Die gegenseitige Einwirkung dieser Einflüsse zu kennen, wäre für die Theorie der Stimme von der grössten Wichtigkeit, da man hier mit einem Ansatzrohr (Raum vor den unteren Stimmbändern) und einem Windrohr (Luftröhre und Bronchien) zugleich zu thun hat. Diess ist indess eines der schwierigsten Probleme der Akustik, und es hat mir durchaus nicht gelingen wollen, etwas, was einer Regel nahe käme, heraus zu bringen. Ich sehe nur die constante Bestätigung der Beobachtung, dass bei einer gewissen Länge des Ansatzrohrs, die Verlängerung des Windrohrs den Ton immer ändert, bis die gegenseitigen Einwirkungen gleich sind. Hat das Windrohr eine bestimmte Länge, und wird das Ansatzrohr verlängert, so erhält man auch wieder eine Vertiefung bis zu einer bestimmten Grenze, bei weiterer Verlängerung springt der Ton wieder nach der frühern Höhe zurück, fällt jetzt nach der Verlängerung wieder bis zu einer Grenze und springt wieder, was sich regelmässig wiederholt. Einige der früher angeführten Versuche, bei denen die Zunge mit Ansatz durch ein kurzes Windrohr angesprochen wurde, gehören schon hieher.

Bei einem Mundstück von 6 Zoll Länge fiel der Grundton $\overline{d}$ bei 4 Zoll Ansatz auf $\overline{cis}$, bei $4\frac{1}{2}$ Zoll war er wieder $\overline{dis}$, fiel bei 5 Zoll und erreichte $\overline{d}$ vor 6 Zoll. Von 6 Zoll fiel der Ton wieder und war bei $8\frac{1}{2}$ Zoll $\overline{cis}$, was bis $16\frac{1}{2}$ Zoll blieb. Bei $16\frac{1}{2}$ Zoll stieg der Ton wieder auf $\overline{d}$, bei 18 bis 24 Zoll war der Ton wieder tiefer $\overline{cis}$, bei $27\frac{1}{2}$ Zoll stieg er wieder auf $\overline{d}$, bei $32\frac{1}{2}$ war er wieder gefallen $\overline{cis}$, so blieb er bis 4 Fuss.

E. Musikalische Instrumente mit membranösen Zungen.

Die bisher erläuterten künstlichen Vorrichtungen bilden eine eigene Abtheilung der Zungenwerke, wovon indess bis jetzt kein Gebrauch in der Musik gemacht wurde. In dieselbe Kategorie gehört, wie wir sehen werden, das menschliche Stimmorgan und das Stimmorgan der Vögel. Bei dem ersten sind die Stimmbänder zweilippige Zungen. Das Ansatzrohr ist der Raum von den unteren Stimmbändern bis zur Mund- und Nasenöffnung, das Windrohr Luftröhre und Bronchien. Am Stimmorgan der Vögel bilden die Stimmbänder des untern Kehlkopfes an der Theilungsstelle der Luftröhre jederseits Zungen. Die Luftsäule des Ansatzrohrs ist hier die Luftmasse der ganzen Luftröhre von der Theilungsstelle an bis zur Kehle, und die Luft der Mundhöhle. Die Luftsäule des Windrohrs ist hier hingegen bloss die Luft der Bronchien von der Theilungsstelle der Luftröhre bis zu den Lungen.

Aber auch die Lippen des Menschen können als Zungen wir-

ken, wenn sie eine Spannung erhalten durch Muscularcontraction; an und für sich unelastisch erhalten sie ein Aequivalent der Elasticität durch die Muscularcontraction des Sphincters. Presst man die Luft zwischen den durch den Sphincter in Tension gebrachten Lippen durch, so entstehen Töne, welche in die Classe der Zungentöne gehören. Die Mundhöhle und die Athemwerkzeuge bilden hier das Windrohr. Das Instrument ist ein Zungenwerk mit Windrohr ohne Ansatzrohr. Fügt man den Lippen ein Ansatzrohr von Pappe oder Metall an, so wird der Ton nicht allein klangreicher, sondern kann auch durch das Rohr modificirt werden.

Am Sphincter ani findet dasselbe statt. Er bringt die Haut des Afters in Tension und wirkt wie eine Zunge mit Windrohr (Gase im Mastdarm) ohne Ansatzrohr.

An die bisher erläuterten Zungenwerke mit membranöser Zunge schliessen sich die Trompeten und Hörner an, bei welchen die Lippen durch Blasen als membranöse Zungen in Bewegung gesetzt werden, während die Luftsäule des Rohrs wie bei den Zungenwerken mitschwingt. Bei den übrigen Blasinstrumenten, die unter die Zungenwerke gehören, ist die Zunge ein besonderes Stück, welches vom Instrument abgenommen noch Töne für sich giebt. Bei den Hörnern, Trompeten, Posaunen lässt sich auf dem sogenannten Mundstück allein durch blosses Anblasen kein Ton hervorbringen. Vielmehr müssen die Lippen selbst dergleichen Zungenstücke der Trompeten und Hörner zu einer Zunge ergänzen, und die Lippen sind hier die membranösen Zungen, zwischen welchen der Strom der Luft durchgepresst wird. Ihr Sphincter ersetzt diesen häutigen Theilen die Elasticität durch seine Reaction gegen die fein durchströmende Luft; es entstehen Töne von ganz bestimmtem Werthe, und diese Töne sind höher, je stärker sich die Lippen zusammenziehen. Es scheint zwar, als wenn die Grösse der Oeffnung auf den Ton dieser Zungen, wie auch beim Mundpfeifen, einen Einfluss hätte, und in der That wird der Mundpfeifenton, welcher nicht hieher zu gehören scheint, bei grösserer Lippenöffnung tiefer. Da indess mit engerer Lippenöffnung eine grössere Zusammenziehung des Sphincter oris stattfindet, so bewirkt, bei der Stellung der Lippen zum Trompetenblasen, die engere Oeffnung ganz dasselbe, was an den elastischen membranösen Zungen die stärkere Spannung thut.

Das Mundstück der Trompete ist am Anfang becherförmig ausgehöhlt, worauf es sich verengt. Der Rand dieser Höhlung wird beim Blasen auf die Lippen aufgesetzt und die Luft durch die enge Lippenöffnung, deren Ränder durch den Sphincter eine bestimmte Tension haben, durchgetrieben. Die Höhe des Tons muss zunehmen mit der Stärke der Tension der Lippen, welche sie durch die Zusammenziehung des Sphincters erhalten. Vor den Lippen muss ein freier Raum seyn, denn sonst würde ihr gespannter Rand nicht wie ein Zungenblatt wirken können. Wird daher die Höhle des Mundstücks an der becherförmigen Aushöhlung des Mundstücks

ausgefüllt bis auf einen mittlern engen Durchgang, so geben die fest angedrückten Lippen beim Blasen keinen Ton mehr. Dass diess die wesentliche Ursache des Tons der Trompete ist, sieht man daran, dass man auch ohne Mundstück der Trompete auf den blossen durch die Zusammenziehung des Sphincters in Tension gebrachten Lippen einen trompetenähnlichen Ton hervorbringen kann. Ja selbst eine einzige Lippe ist hinreichend, Bebung hervorzubringen, die als Ton gehört werden; z. B. wenn man die Oberlippe weit über die Unterlippe herüberlegt und nun die Luft zwischen der vibrirenden Oberlippe und festen Oberfläche der Unterlippe durchtreibt. Das Mundstück des Horns unterscheidet sich von dem der Trompete noch, dass an ihm sich vorn keine becherförmige sondern eine conische Aushöhlung befindet, sonst ist der Ansatz der Lippen an das Mundstück ähnlich wie bei der Trompete; der Lippenrand darf nicht aufliegen.

Biot handelt die Trompeten und Hörner bei den Flötenwerken ab, und erklärt die verschiedenen Töne, welche sie angeben, aus der verschiedenen Stärke des Anblasens der Luftsäule der Trompete, so wie die Luftsäule einer Pfeife bei stärkerm Blasen die mit den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 (offen) oder 1, 3, 5, 7, (gedeckt) giebt. Allein die Stärke des Blasens hebt hier den Ton wenig und macht ihn nur stärker; die Verschiedenheit der Töne hängt von der Tension der Lippen ab. Die Trompeten und Hörner müssen richtiger, wie MÜNCKE thut, zu den Zungenwerken gerechnet werden und sind, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, offenbar Zungenpfeifen mit membranöser Zunge, wobei das Timbre des Tons durch das Metall des Ansatzrohrs und die Höhe des Tons des Mundstücks durch die mittönende Luftsäule des Ansatzrohrs verändert wird. Die Töne der Trompete und des Horns nehmen auch nicht an Höhe mit der Länge des Rohrs im umgekehrten Verhältnisse ab, wie bei den Flötenwerken, vielmehr hat die Verminderung oder Vermehrung der Länge des Rohrs bei den Trompeten bekanntlich nur einen geringern und untergeordneten Einfluss auf die Höhe des Tons, gerade so wie bei den Zungenpfeifen. Die hiedurch zu erzielende Veränderung des Tons wird bei den Trompeten und Hörnern durch eingesetzte Einschiebsel, bei den Posaunen durch Ausziehen ihrer verschiebbaren Röhre bewirkt. Man hat bei den Hörnern und Trompeten fast so viele Einschiebsel als Tonarten. Dagegen lässt sich die Höhe des Tons dieser Instrumente durch zwei andere Mittel wie bei den Zungenpfeifen ändern; erstens durch verschiedene Tension der Lippen, mit deren Tension die Höhe des Tons so zunehmen muss, wie wenn man an einer Zungenpfeife mit membranöser Zunge die Membran stärker spannt; zweitens lässt sich der Ton durch Verstopfen gerade so wie bei den Zungenwerken mit membranöser Zunge vertiefen.

Das Horn umfasst bei einem geübten Bläser 3 Octaven, $\frac{3}{2}$ in dieser Folge ohne Stopfen $C\ G, c\ e\ g, \overline{c}\ \overline{d}\ \overline{e}\ \overline{g}\ \overline{h}\ \overline{c}$; die ganze

Tonfolge mit den durch Stopfen hervorzubringenden Tönen ist $C F G H c d e f g a h \overline{c} \overline{d} \overline{e} \overline{f} \overline{g} \overline{a} \overline{h} \overline{c}$. Das Sternchen bedeutet, dass der Ton durch Stopfung hervorgebracht wird, h^* halbe Stopfung. Die halben Töne können zum Theil noch durch halbe Stopfung hervorgebracht werden. Da das Hauptmittel Spannung der Lippen durch Muskelcontraction ist, so verliert der Bläser durch lange Anstrengung auf einige Zeit die Fähigkeit. Die Anstrengung ist bei den hohen Tönen am stärksten, nicht wegen Stärke des Blasens, sondern wegen Spannung der Lippen.

Die in neuerer Zeit an den Trompeten und Hörnern angebrachten, durch Klappen zu verschliessenden Seitenlöcher haben hier eine ganz ähnliche Bedeutung wie bei anderen Zungenwerken, den Clarinetten, Hoboen und dem Fagot.

Schlussbemerkungen über die Theorie der Zungentöne.

Nachdem die verschiedenen Arten der Zungenwerke, sowohl die mit steif elastischen als die mit membranösen elastischen Zungen untersucht worden, ist hier der Ort, auf die Theorie der durch Zungen hervorgebrachten Töne zurückzukommen. Es handelt sich hier jedoch nicht um die Schwingungen der Luft in dem Ansatzrohr, sondern um die an der einfachen Zunge selbst.

Da in neuerer Zeit die durch blosse Pulsus von Flüssigkeiten auf der Sirene, oder durch schnell folgende Stösse eines festen Körpers, wie durch die Stösse der Zähne eines Rades hervorgebrachten Töne bekannt geworden, hat man sich zu der Ansicht geneigt, dass auch die Töne der Zungen durch Stösse der Luft entstehen, indem die Zunge den Austritt der Luft aus dem Rahmen der Zunge bei jeder Schwingung unterbricht. Der Umstand, dass die durch Anstoss oder Zerrung an Zungen ohne Blasen erregten Töne klanglos sind, scheint diese Ansicht zu rechtfertigen, indess ist diese Theorie keineswegs erwiesen und mehrere Gründe sprechen entschieden dagegen. Die Erörterung dieses Gegenstandes ist für die Theorie der menschlichen Stimme von grosser Wichtigkeit, es fragt sich nämlich hier zumal, was beim Tonangeben der Stimme primitiv tönt, die Bänder der Stimmritze oder die Luft.

W. WEBER, dessen classischen Untersuchungen wir eine sichere Kenntniss der Wirkungen in den Zungenpfeifen verdanken, spricht sich bestimmt für jene Ansicht aus. *POGGEND. Ann. XVI. 421.* Er sagt: Der volle und starke Ton einer isolirt in ihrem Rahmen ohne Ansatz schwingenden metallenen Platte beim Blasen kann nicht von der schwingenden Platte hervorgebracht seyn; denn in diesem Fall würde es nicht nöthig gewesen seyn, den Ton der Platte durch einen Luftstrom zu erregen, sondern sie würde einen in Hinsicht der Höhe und des Klanges ganz gleichen Ton gegeben haben, wenn sie, ohne in ihrer Lage und Verbindung geändert zu werden, auf irgend eine andere Weise in Schwingung gesetzt wird, was aber nicht der Fall ist. Denn WEBER hat die Platte, während sie mit den übrigen Theilen des

Instrumentes verbunden blieb, durch Streichen mit dem Violinbogen in die heftigste Schwingung gesetzt, ohne im Stande zu seyn einen mit jenem vollen und starken irgend vergleichbaren Ton hervorzubringen; indess finde ich den Ton einer Maultrommel am Munde beim Anschlagen und beim Einziehen der Luft gleich. Jener Beweis scheint mir nicht entscheidend, und mir scheinen jedenfalls bei den membranösen Zungen, die Unterbrechung des Luftstroms oder die Stösse nur einen untergeordneten Einfluss bei dem Tongeben zu haben, und nur den Ton mehr zu verstärken und voller zu machen als ihn zu bilden.

Ich halte die Erklärung der Zungentöne der membranösen Zungen aus pulsus der Luft für unwahrscheinlich aus folgenden Gründen.

1. Es ist kein Grund vorhanden, die Töne der einfachen Zungen von den Unterbrechungen des Luftstroms abzuleiten, da die Töne, welche die Zungen selbst bei ihren Schwingungen angeben müssen, allein zur Erklärung der Zungentöne hinreichen. Es ist zwar bemerkt, dass die Töne der membranösen Zungen, welche durch Anstoss bewirkt werden, klanglos sind, und sich auch im Timbre von den Zungentönen unterscheiden. Der erste Unterschied lässt sich aber hinreichend daraus erklären, dass der blosse einmalige Anstoss nicht zur Unterhaltung der Schwingungen hinreicht. Was den Unterschied des Timbre's anbelangt, so ist dieser zwar nicht zu läugnen. Indessen geben auch andere Instrumente Töne von verschiedenem Timbre, wenn sie in dem einen Fall durch einmaligen Anstoss, im zweiten Fall durch fortdauernde Stösse angesprochen werden. Der Ton einer Saite ist z. B. im Klang verschieden, wenn sie durch Zerrung einmal oder durch Streichen mit dem Fidelbogen angeregt wird, und so unterscheiden sich auch die Zungentöne, wenn der Anstoss momentan oder dauernd ist. Manche Membranen geben zwar durch Anstoss gar keine Töne, wie die Lippen, der Sphincter ani und geben beim Anblasen starke Zungentöne. Es kommt jedoch für Entstehung eines Tons nur auf die erforderliche Anzahl der Bebugen an; und aus jener Erfahrung folgt nur, dass die regelmässige Folge der Bebugen an solchen Membranen bloss möglich ist, wenn solche schlaffe Membranen beim Stossen durch die Luft auch zugleich einigermaßen ausgespannt erhalten werden, was beim blossen Anstoss sogleich wegfällt.

2. Die von mir auf den dünnen metallischen und noch besser auf membranösen Zungen ohne Rahmen durch Anblasen mit einem feinen Röhrchen erzeugten Töne lassen sich nicht durch Unterbrechungen des Luftstroms allein erklären, sind aber im Timbre ganz mit den Tönen dieser metallischen und membranösen Zungen übereinstimmend, wenn sie in einem Rahmen als wirkliche Zungen schwingen. Es liesse sich zwar hier anführen, dass auch der Luftstrom aus dem feinen Röhrchen bei den Rückschwingungen der Zunge einigermaßen gehindert werde. Aber diess kann man schwerlich eine Unterbrechung nennen, da der Luftstrom in dem Maass in anderer Richtung abgeht, als die

Zunge zurückkehrt. Der feine Luftstrom ist vielmehr als fort-dauernd wirkendes Anspruchsorgan ganz dasselbe, was der Fiedelbogen bei der Saite ist.

3. Es ist auch nicht nöthig, dass der Rahmen bei den Schwingungen einer Zunge periodisch geschlossen werde; wenigstens bei den membranösen Zungen. Selbst bei einer bleibenden Breite der Spalte von 1 Lin. geben die membranösen Zungen oft noch klare Töne an, und diese Töne sind nicht im Timbre verschieden von denjenigen, welche dieselben Zungen bei ganz enger Spalte geben.

4. Ist die Erklärung der Zungentöne von den Unterbrechungen des Luftstroms richtig, so müssen die Töne im geraden Verhältniss mit der Zahl der Unterbrechungen zunehmen, was keineswegs erwiesen ist. Es giebt eine Stellung der Zunge gegen den Rahmen, wo sie gerade noch einmal so viel Unterbrechungen des Luftstroms bewirkt, als sie selbst Schwingungen macht, wenn sie nämlich durch die Oeffnung des Rahmens durchschlägt; auf dem Weg durch den Rahmen und wieder zurück, unterbricht sie zweimal den Luftstrom; die Zahl dieser Unterbrechungen ist wenigstens doppelt so gross, als wenn die Zunge nicht durchschlägt, sondern bloss einschlägt, d. h. nur bis in die Oeffnung des Rahmens schlägt und dann sogleich zurückkehrt. Der Ton einer durchschlagenden Zunge müsste daher *ceteris paribus* um eine Octave höher seyn, als der Ton derselben Zunge als einschlagenden, was nicht der Fall ist. Man könnte zwar hierauf erwiedern, dass eine durchschlagende Zunge ganze Schwingungsbogen mache, eine vor dem Rahmen schwingende nur halbe Schwingungsbogen mache, indem sie entweder von dem Rahmen selbst oder von dem Strom der Luft aufgehalten werde, so dass die letztere noch einmal so schnell als die erstere schwinde und die Unterbrechungen des Luftstroms bei beiden gleich bleiben; allein bei Untersuchung der Verhältnisse der membranösen Zungen zeigen sich wieder Schwierigkeiten. Lege ich gegen eine membranöse Zunge, die auf dem Ende eines Windrohrs ausgespannt ist, eine feste Platte von Pappe oder Holz, so ist der Ton derselbe, mag die feste Platte gerade der Zunge gegenüber, d. h. in einer Ebene mit derselben seyn, oder nach einwärts gegen das Windrohr gedrückt werden. In diesem Fall macht die Zunge so gut ganze Bogen, wie wenn die Zunge in einer Ebene mit der festen Platte liegt. Wird aber die Platte so aufgelegt, dass ihr Rand vor der Ebene der Zunge liegt, so ist der Ton vom Windrohr aus erregt, viel tiefer, oft um das Intervall von *c* und *f* tiefer. Mag die feste Platte vor oder hinter der Zunge vorragen, die Schwingungsbogen werden sich gleich bleiben und doch sind die Töne verschieden. Dieser Unterschied hängt aber von der verschiedenen Art des Anspruchs der Luft in dem einen und andern Fall und von dem verschiedenen Widerstand ab, den der continuirliche Luftstrom in beiden Fällen der rückkehrend schwingenden Zunge darbietet.

Aus diesen Gründen wird es wahrscheinlich, dass die Zungen nicht durch Unterbrechungen des Luftstroms, sondern durch ihre

Eigenschwingungen tönen und dass die der Luft mitgetheilten Stösse den Ton nur einigermaßen verstärken. Die metallischen Zungen verhalten sich dabei im Allgemeinen wie die Stäbe, die membranösen wie die Saiten und Felle, und der Ton entsteht um so leichter, je mehr ein solcher Körper noch bei grosser Kürze Elasticität besitzt. Man hat sich bei dem Studium der Schwingungen gespannter elastischer Körper viel zu sehr an die eine Species solcher Körper, die Darmsaiten und ähnliche gehalten. Diese verlieren allerdings bei bedeutender Verkürzung mit gleichzeitiger Abspannung fast alle Fähigkeit zu klangvollen Schwingungen. Hätten abgespannte Saiten noch Elasticität, so würden auch noch ganz kurze Saiten tiefe Töne geben können. Andere elastische Körper behalten aber bei grosser Abspannung noch Elasticität genug, um regelmässig schwingen zu können, wie Kautschuck im trocknen Zustande und elastisches thierisches Gewebe (wie Arterienhaut) im nassen Zustande, und man kann daher an ganz kurzen Stücken solcher Körper noch tiefe Töne bei geringer Spannung und hohe Töne bei starker Spannung, beides sowohl durch Anstoss als Blasen hervorbringen. Die Schwingungen dieser Körper ändern sich bei gleicher Spannung ganz wie die der Saiten, d. h. nehmen zu im umgekehrten Verhältniss der Länge, wie oben gezeigt wurde.

So richtig dieser Vergleich ist, so weicht doch ein durch Spannung elastischer Körper, wenn er als Zunge schwingt, in mehreren wesentlichen Puncten von einer Saite ab. Nicht bloss darin, dass die Saite beim blossen Anstoss sich selbst überlassen bleibt, beim Anblasen die Zunge aber fortdauernd gestossen, bald mehr, bald weniger gestossen wird, denn auch der Anstoss der Saite durch einen Fidelbogen erneuert sich fortwährend. Das Eigenthümliche einer Zunge besteht eben darin, dass der anhaltende Stoss bei verschiedener Stärke Einwirkungen auf die Dauer der Schwingungen der Zunge hat und den Grundton, den die Zunge beim Anstoss giebt, bedeutend verändert. Ich habe oben gezeigt, dass eine Kautschuckzunge selbst mit einem feinen Röhrchen ohne allen Rahmen angesprochen, ihren Grundton um einen halben Ton und mehr erhebt, wenn der Anspruch stärker wird. Eine Saite tönt aber bei starkem einmaligen Anstoss etwas tiefer (siehe oben p. 155.) als bei schwachem einmaligen Anstoss. Diese letztere Wirkung lässt sich theils aus der Veränderung der Saite durch die starke Dehnung erklären, indem sie länger geworden, nicht sogleich ihren vorigen Zustand wieder annimmt; theils kommt auch hier vielleicht ein Herüberziehen von Theilchen der Saite, die auf dem Steg liegen, in Betracht. Bei dem Höherwerden des Tons einer Zunge ist diese Erklärung aber unanwendbar; denn der Erfolg ist gerade der entgegengesetzte wie bei der Saite. Bei einer in einem Rahmen schwingenden membranösen Zunge erhöht die Stärke des Blasens den Ton noch mehr, und wie oben gezeigt wurde, um mehrere halbe Töne, und bei nassen elastischen, thierischen Membranen lässt sich der Ton, wie ich zeigte, durch starkes Blasen durch die halben Töne um eine ganze Quinte in die Höhe treiben. Diese Erhöhung ist

keine Folge der Bildung von Schwingungsknoten, wie bei einer tönenden Luftsäule, denn sie erfolgt ganz successiv durch die Intervalle der halben Töne, und wenn man successiv stärker bläst, durch alle Zwischenstufen der halben Töne auf heulende Art; sie hängt also nicht von der Zunge zunächst, sondern von dem stossenden Körper, der Luft ab. Wahrscheinlich kommt die Erhöhung dadurch zu Stande, dass die Luft bei stärkerm Blasen, da sie fortdauernd wirkt, der Zunge eine mehr beschleunigte Bewegung mittheilt, bis diese aus dem Strome gelangt, dagegen bei der Rückschwingung die Saite früher als bei schwachem Antrieb wieder forttreibt, so dass die Zunge keine vollen rückkehrenden Excursionen macht, sondern vor Vollendung derselben wieder abgetrieben wird.

Die metallischen Zungen verhalten sich zwar dem Anschein nach umgekehrt wie die membranösen, indem sie bei schwachem Blasen höher tönen als bei stärkerm Blasen. WEBER, POGGEND. *Ann.* XVII. Diess scheint mir indess bloss davon abzuhängen, dass bei schwachem Blasen nicht die ganze Länge der Zunge bis zu der Befestigung in Schwingung gesetzt wird. Denn wenn ich die Zunge einer Mundharmonica sehr stark anblase, so erhebt sich der Ton zuletzt wieder ganz merklich, so dass hierin wieder beide Zungenarten übereinstimmen.

Es gehört daher zur Natur der Zungen, dass, obgleich sie sich im Allgemeinen wie die Stäbe und Saiten verhalten, sie doch ihre Töne nach Maassgabe der Wirkung des ansprechenden Körpers, der Luft verändern, und müssen die Zungen hiernach immer als eine besondere Classe der Tonwerkzeuge betrachtet werden, bei denen die Eigenschaften der festen und flüssigen elastischen Körper zugleich in Betracht kommen.

Die übrigen Tonwerkzeuge zeigen uns nur in einigen Punkten Annäherungen zu den Zungen, in sofern die Töne auch einigermaßen von dem stossenden Körper abhängig werden, besonders wenn dieser anhaltend wirkt. Eine solche Annäherung zeigt sich bei den Saiten, wenn sie anhaltend mit dem Fidelbogen angesprochen werden. DUHAMEL (*L'institut* 186.) zeigt, wie man bei einer gewissen Führung des Fidelbogens durch Veränderung der Reibung und Schnelligkeit auch tiefere Töne als den Grundton erhalten kann. Er will nämlich die Secunde, Quarte, Quinte, Duodezime und Quatuordezime unter dem gewöhnlichen Grundton der Saite erhalten haben. Vergl. PELISOW in POGGEND. *Ann.* XIX. 251. Ein anderes Beispiel entgegengesetzter Art kann ich selbst aus meiner Erfahrung von den Labialpfeifen anführen. Man kann bekanntlich durch stärkeres Blasen an einer offenen Pfeife die den Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. entsprechenden, an einer gedeckten die den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 entsprechenden Töne hervorbringen. Diese Töne entstehen durch Bildung von Schwingungsknoten in der Luftsäule der Pfeife und gehören nicht hieher. Eine ganz andere Erhöhung des Tons habe ich aber an hinreichend kleinen Labialpfeifen bemerkt. Stosse ich den Stempel einer einfüssigen Pfeife bis auf 2 Zoll ein, so giebt die zweizöllige Pfeife bei Verstärkung des Blasens vom schwächsten bis stärksten Anspruch suc-

cessiv durch alle Nüancen alle Töne das ganzen Intervalls von $c-f$, und wende ich eine einzöllige Pfeife an, so geht das Steigern noch viel höher. Bei den Zungen kommen zu der Steigerung der Töne durch Verstärkung des Blasens noch andere Modificationen der Höhe der Töne durch den stossenden Körper hinzu, wie z. B. die Veränderung des Tones in der Höhe, je nachdem die Zunge ohne Rahmen durch ein Röhrchen oder in einem Rahmen durch ein Windrohr angesprochen wird, die Modification der Töne durch Ausstossen und Einziehen der Luft, durch die Art des Anspruchs, wie z. B. die Töne bei derselben Zunge um einige halbe Töne vertieft werden, wenn man das Windrohr mit enger Lippenöffnung anspricht, dagegen erhöht werden, wenn im Windrohr vor der Zunge ein Stopfen liegt, welcher den Durchgang der Luft nur in der Mitte durchlässt. Siehe oben p. 170. Alle diese Modificationen lassen sich ohne Zweifel darauf zurückführen, dass die Art der Einwirkung des stossenden Körpers auf die Zunge verändert wird.

II. Capitel. Von der Stimme, vom Stimmorgan und anderen Tonwerkzeugen der Menschen und Thiere.

Die vorhergehenden Untersuchungen geben uns eine Grundlage, um die Mittel, welche bei der Stimme des Menschen und bei der Bildung anderer Töne von Seiten des Menschen und der Thiere mitwirken, richtig zu beurtheilen. Wir werden hauptsächlich drei Hauptformationen musicalischer Töne betrachten. 1. Die Stimme des Menschen und der Säugethiere, 2. die Mundtöne des Menschen, 3. die Stimme der Vögel. Das Tongeben geschieht nämlich bei diesen drei Arten des Tönens durch andere Hülfsmittel und an verschiedenem Orte. Die verschiedenen Töne der Stimme der Säugethiere entstehen im Kehlkopf und werden durch die vor dem Kehlkopf liegenden Theile, durch welche die Luft durchgeht, im Timbre und Ton etwas modificirt. Im Mundpfeifen besitzt der Mensch ein ganz anderes Register von Tönen, deren Quelle in den Lippen und der Luft der Mundhöhle liegt. Die Stimme der Vögel entsteht wieder an einem andern Ort, nicht im obern Kehlkopf, sondern in dem am untern Ende der Luftröhre liegenden untern Kehlkopf, an der Theilungsstelle der Luftröhre. Die Stimme der wenigen übrigen Wirbelthiere unter den Vögeln, welche noch eine Stimme haben, bildet sich wieder im eigentlichen Kehlkopf, wie beim Menschen und den Säugethiern; dahin gehört z. B. die Stimme der Frösche, Kröten u. a. Ausser den allgemein verbreiteten Stimmorganen giebt es noch einzelne Organe zum Tönen bei gewissen, auch den niederen Thieren, deren Untersuchung als zu weit von unserm Ziele abführend, hier ausgeschlossen wird. Ueber die Stimme des Menschen haben geschrieben: DODART, *mém. de l'acad. de Paris* 1700. 1706. 1707. FERREIN Ebend. 1741. MAGENDIE, *précis élément. de physiol.* BIOT, *traité. T. II. p. 190.* Vergl. FECHNER in BIOT's *Experimentalphysik. II. 149.* SAVART in MAGENDIE *J. de physiol. V.* LISCOVIUS *Theo-*

rie der Stimme. Leipz. 1814. CHLADNI in GILB. Ann. LXXVI. 187. MAYER in MECKEL'S Archiv. 1826. BENNATI, *recherches sur le mecanisme de la voix humaine*. Paris 1832. MUNCKE in GEHLER'S physik. Wörterb. VIII. 373. MAYO in *Outlines of human physiology*. CH. BELL, *Philos. Trans.* 1832. 2. MALGAIGNE, *arch. gen. de med.* 25. Auszug von HEUSINGER in MAGENDIE'S *Handb. d. Physiol.* R. WILLIS, *Transact. of the Cambridge phil. soc.* IV. 1833. BISHOP in *Lond. a. Edinb. philos. Mag.* 1836. LEHFELDT, *Diss. de vocis formatione*. Berol. 1835. Ueber die Stimme der Vögel CUVIER, *vergl. Anat. Bd. III.* SAVART, *FROR. Not.* 331. 332.

I. Von der Stimme des Menschen.

A. Von dem menschlichen Stimmorgan im Allgemeinen.

Wenn eine Frage in der Erklärung der menschlichen Stimme mit Bestimmtheit sogleich beantwortet werden kann, so ist es die, in welchem Theile der Luftwege die Stimme gebildet wird. Sowohl die Beobachtungen an lebenden Menschen, als die Versuche an Kehlköpfen aus menschlichen Leichen zeigen, dass die Stimme in der Stimmritze und weder über ihr noch unter ihr in der Luftröhre gebildet wird. Befindet sich eine Oeffnung in der Luftröhre eines Menschen oder macht man eine solche bei einem Säugthier, so hört die Stimme auf und kehrt mit der Verschliessung der Oeffnung wieder. Diess ist eine Erfahrung, die sehr oft gemacht worden und fest steht. Dagegen hebt eine Oeffnung über der Stimmritze im obern Theil der Luftwege die Stimme nicht auf. MAGENDIE hat sich auch überzeugt, dass die Stimme fort-dauert, wenn der Kehlideckel, die oberen Stimmbänder und der obere Theil der Cartilagines arytaenoideae verletzt sind. Derselbe Beobachter hat sich an lebenden Thieren, deren Stimmritze blossgelegt wurde, überzeugt, dass die Stimmbänder, welche die Stimmritze einschliessen, beim Tonangeben in Schwingungen gerathen. Ebenso weiss man, dass die Verletzung der Kehlkopfnerven, von welchen die kleinen Muskeln abhängig sind, welche die Stimmritze verändern und die Stimmbänder spannen, auch die Bildung der Töne aufhebt, und dass diese Lähmung vollständig ist, wenn beide Kehlkopfnerven auf beiden Seiten verletzt sind. Versucht man am Kehlkopf von menschlichen Leichen durch Anblasen von der Luftröhre her Töne zu erzeugen, was bei einiger Spannung der Stimmbänder und enger Stimmritze dem Ungeübtesten gelingt, so erfolgen die Töne, mag das Stück der Luftröhre, welches als Anspruchsröhr dient, lang oder kurz seyn, mag es ganz fehlen und der Anspruch am untern Ende des Kehlkopfs selbst geschehen. Dergleichen ausgeschnittene Kehlköpfe kann man von allen vor der Stimmritze liegenden Theilen befreien. Man kann den Kehlideckel, die oberen Stimmbänder, die Ventrikel zwischen den oberen und unteren Stimmbändern, den grössern obern Theil der Cartilagines arytenoideae wegnehmen, wenn nur die Stimmritze zwischen den unteren Stimmbändern noch vorhanden, so giebt das Stimmorgan reine Töne beim Anblasen durch die Luftröhre, sobald nur die Stimmritze eng ist. Aus allem diesem folgt, dass

die wesentliche Ursache der Stimme in der Stimmritze und ihrer nächsten Begrenzung durch die unteren Stimmbänder liegt, dass sich die Luftröhre als Windlade eines durch Blasen angesprochenen Tonwerkzeuges, das Rohr vor der Stimmritze aber mit Inbegriff des obern Theils der Kehlkopfhöhle, zwischen den Ventriculi Morgagni, den unteren und oberen Stimmbändern und dem Kehle bis zur Mund- und Nasenöffnung als Ansatzrohr eines Tonwerkzeuges verhält, durch welches der Ton zwar modificirt, aber nicht erzeugt wird. Hierin unterscheidet sich das Stimmorgan des Menschen und der Säugethiere wesentlich von dem der Vögel. Bei den letzteren wird die Stimme in dem ihnen eigenthümlichen untern Kehlkopf an der Theilungsstelle der Luftröhre erzeugt, der obere Kehlkopf hat keine Stimmbänder, an ihm lässt sich kein Ton hervorbringen; dagegen tönt der untere Kehlkopf der Vögel, wenn man ihre Luftröhre geöffnet oder durchschnitten hat und nach aussen leitet, fort, und durch Anblasen des ausgeschnittenen untern Kehlkopfes durch die Bronchien lassen sich ebenso Töne hervorbringen, wie durch Anblasen des menschlichen Kehlkopfes. Bei den Vögeln sind also nur die Bronchien als Windlade oder Anspruchsrohr zu betrachten; dagegen gehört hier die ganze Luftröhre vom untern Kehlkopf an mit dem obern Kehlkopf und der Mundhöhle und Nasenhöhle zum Ansatzrohr.

Die Begrenzungen der Stimmritze, die Stimmbänder des Menschen nehmen unsere Aufmerksamkeit zuerst in Anspruch. Sie sind elastisch und durch die Bewegung des Schildknorpels gegen den Ringknorpel durch die Bewegung des Schildknorpels gegen Bewegung der Cartilagine arytenoideae vermöge der Musc. cricoarytenoidei postici (bei gleichzeitiger Annäherung jener Knorpel durch die Musc. arytenoidei proprii) nach rückwärts verschiedener Spannung fähig; sey es, dass die letzteren die Cartilagine arytenoideae fixiren und die ersteren spannen, oder dass diese fixiren und jene spannen. Je nach dem Grade dieser Spannung wird die Stimmritze länger oder kürzer. Die Stimmritze wird enger durch die Annäherung der Cartilagine arytenoideae vermöge der Musc. arytenoidei proprii, sie wird weiter durch die Entfernung dieser Knorpel vermöge der Musc. cricoarytenoidei postici. Die Elasticität der Stimmbänder macht dieselben zu regelmässigen Schwingungen nach Analogie der an zwei Enden gespannten Membranen fähig (siehe oben p. 150.). Die Elasticität dieser Bänder rührt von ihrer Zusammensetzung aus dem auch an vielen andern Theilen des thierischen Körpers vorkommenden eigenthümlichen elastischen Gewebe her. Diess Fasergewebe zeichnet sich vor allen übrigen nicht bloss durch seine gelbe Farbe, sondern hauptsächlich durch seine Fasern aus, die einzigen bis jetzt bekannten Fasern, welche nach den Beobachtungen von LAUTH (MUELL. Arch. 1835. p. 4.) und SCHWANN (EULENBERG, de tela elastica. Berol. 1836. MUELL. Arch. 1836. Jahresb. XXV.) sich theilen und anastomosiren. Die Structur des elastischen Gewebes verhält sich im Wesentlichen überall gleich, wo es vorkommt; im Ligamentum nuchae der Säugethiere, in den Liga-

menta flava der Wirbelbogen, in den gelben Längsfasern der Luftröhre des Menschen und der Säugethiere, in dem Ligamentum stilohyoidem, im elastischen Bande der Flughaut der Vögel, im Kehlsack des Pelecans, in den elastischen Bändern des Nagelgliedes der Katzen, im elastischen Körper, welcher die Ruthe des Strausses krümmt, im elastischen Bande, welches die ausstülpbare Ruthe der Enten und Gänse, der Rhea americana und der Casuare zurückzieht. Endlich hat diess Gewebe seine grösste und allgemeinste Verbreitung in allen Classen der Wirbelthiere in der mittlern Haut der Arterien. Auch die chemischen Eigenschaften dieses Gewebes bleiben sich gleich. Es giebt äusserst schwer und erst bei viele Tage lang fortgesetztem Kochen etwas Leim, wie EULENBERG fand; dieser Leim entfernt sich von dem gewöhnlichen Leim und nähert sich der von mir beobachteten Leimart der Knorpel und Cornea an, welche von Alaun, Essigsäure, essigsaurem Bleioxyd und schwefelsaurem Eisenoxyd fällbar ist. POGGEND. *Ann.* XXXVIII. Darin stimmt diess Gewebe mit den niederen oder leimgebenden Geweben (Zellgewebe, seröses Gewebe, Haut, Sehnengewebe, Knorpel) überein, dass seine saure Auflösung von Cyaneisenkalium nicht gefällt wird, während die Materie der Gewebe mit eiweissartiger Grundlage von jenem Salze aus ihrer sauren Auflösung gefällt wird, wie BERZELIUS entdeckte. Die Elasticität des elastischen Gewebes ist nach meiner Erfahrung so stark und dauernd, dass alles elastische Gewebe selbst nach tagelangem Kochen und jahrelangem Liegen in Weingeist seine Elasticität nicht verliert.

Das elastische Gewebe beschränkt sich indess nicht am Kehlkopfe auf die Stimmbänder. Schon lange weiss man, dass das Ligamentum hyo-thyreoideum und crico-thyreoideum medium gelbe elastische Bänder sind. Das letztere muss auch ohne Wirkung des Musculus crico-thyreoideus die entsprechenden Ränder des Schildknorpels und Ringknorpels einander genähert halten; daher die Rückwärtsbewegung der Cartilagines arytenoideae durch Muskelwirkung bei dem Spannen der Stimmbänder auch einigermaßen diesem Bande entgegenzuwirken hat, und einige Spannung der Stimmbänder bei der Fixation der Cartilagines arytenoideae schon allein durch Annäherung der vorderen Theile des Ring- und Schildknorpels durch das Ligamentum crico-thyreoideum medium geschieht. LAUTH hat indess im Innern des Kehlkopfes eine noch viel grössere Verbreitung des elastischen Gewebes nachgewiesen. *Mém. de l'acad. r. de méd.* MUELL. *Arch.* 1836. *Jahresb.* CLVII. Nach LAUTH hat das elastische Gewebe im Kehlkopf die folgende Verbreitung. Die grösste Portion des elastischen Gewebes entspringt von der untern Hälfte des Winkels des Schildknorpels zwischen der Insertion der Musculi thyreo-arytenoidei. Von da strahlen die Fasern nach abwärts, schief rückwärts, selbst etwas aufwärts aus, indem sie eine zusammenhängende Membran bilden, die sich am ganzen obern Rande des Ringknorpels mit Ausnahme der Einlenkungsstelle der Cartilagines arytenoideae befestigt. An der letztern Stelle befestigen sich die elastischen Fasern an die vordere Ecke der Basis der Cartilagines arytenoideae und an ihre

vordere Kante. Die strahlige elastische Haut zeigt drei Verstärkungsbündel, ein herabsteigendes (Lig. crico-thyreoideum medium), die anderen sind die Lig. thyreo-arytenoidea inferiora. Die Membran bildet auch die oberen Stimmbänder; die oberen und unteren Stimmbänder hängen durch eine den MORGAGNischen Ven-trikel deckende, äusserst dünne Schicht elastischen Gewebes zusammen. Auch das Lig. hyo-thyreoideum laterale ist elastisch, und dasselbe Gewebe befindet sich im Lig. thyreo-epiglotticum, hyo-epiglotticum und glosso-epiglotticum. Rechnet man hierzu noch die elastischen Längsfasern an dem membranösen Theil der Luft-röhre und an den Bronchien, so erhält man einen Begriff von der grossen Ausdehnung der zur Mitschwingung und Resonanz geeigneten Wände in den Umgebungen des Stimmorganes.

Unsere nächste Aufmerksamkeit nehmen sofort die möglichen Formen der Stimmritze und ihre wirklichen beim Tonangeben in Anspruch. Nach den Untersuchungen von LAUTH kann die Stimmritze im Allgemeinen folgende verschiedene Formen annehmen. Die Stimmritze ist im Zustande der Ruhe ausser dem Tongeben lanzenförmig. Bekanntlich erweitert sie sich beim Einathmen, verengert sich beim Ausathmen. Die Seiten der Stimmritze sind hinten durch die innere Fläche und den vordern Fortsatz der Basis der Cartilagines arytenoideae, vorn und im grössern Theile durch die Stimmbänder gebildet, die sich an jenem vordern Fortsatz der Basis der Cartilagines arytenoideae befestigen. Der hintere Theil der in ganzer Länge offenen Stimmritze beträgt bei einer Stimmritze von 11 Linien Länge 4, der vordere 7 Linien. Bei der grössten Erweiterung der Stimmritze (Musc. crico-aryt. post.) bildet sie eine Raute, deren hinterer Winkel abgeschnitten ist. Die Seitenwinkel entsprechen den genannten Fortsätzen der Cartilagines arytenoideae, deren Distanz von einander bis auf $5\frac{3}{4}$ Linien gebracht werden kann. Im Zustande der Enge kann die Stimmritze eine dreifache Form haben, entweder nähern sich bloss die vorderen Fortsätze der Basen der Cartilagines arytenoideae durch Wirkung der Musculi crico-arytenoidei laterales, und indem sich jene berühren, ist die Stimmritze doppelt; oder die verengerte Stimmritze ist in ihrer ganzen Länge offen. Endlich kann sich der hintere Theil der Stimmritze durch Annäherung der Cartilagines arytenoideae bis zu ihren vorderen Fortsätzen, woran die Stimmbänder befestigt sind, ganz schliessen. Diess geschieht durch die vereinte Wirkung der Musculi arytenoidei proprii und crico-arytenoidei laterales; in diesem Fall ist die Stimmritze auf den Zwischenraum ihrer elastischen und scharfen Ränder beschränkt. Ihre Form ist in diesem Fall vorn und hinten zugespitzt; ihre Länge und Weite ist in diesem Fall auch sehr verschieden, je nachdem die Stimmbänder zugleich gespannt sind oder nicht. Die Abspannung und Verkürzung der Stimmbänder geschieht durch die Musculi thyreo-arytenoidei. Letztere verengern auch den Raum über und unter den unteren Stimmbändern.

Die Form der Stimmritze beim Tonangeben im lebenden Menschen ist noch nicht ganz genau bekannt. Man weiss aller-

dings, dass sie hierbei verengt ist. Da nur der vordere Theil der Stimmritze, welcher von elastischen und scharfen Rändern eingeschlossen ist, der primitiven Schwingung fähig ist, der hintere Theil der Oeffnung also nicht in Betracht kommt, so könnte die Oeffnung des hintern Theils, indem sie den ganzen Flächeninhalt der Stimmritze bedeutend vermehrt, den Anspruch nur stören. MAYO hat die Stimmritze bei einem Menschen beobachtet. *Outlines of human physiology. Lond. 1833.* Ein Mann hatte beim Versuch zum Selbstmord den Kehlkopf gerade über den Stimmbändern durchschnitten; auf der einen Seite war Stimmband und Cartilago arytenoidea durch die schiefe Wunde verletzt. Beim ruhigen Athmen war die Stimmritze dreieckig. Als einmal ein Ton gelang, wurden die Stimmbänder fast parallel und die Stimmritze linienförmig. Nach der Figur scheint der hintere Theil der Stimmritze nicht eben geschlossen gewesen zu seyn. Ein Anderer hatte sich über dem Schildknorpel in den Schlund geschnitten, so dass man den obern Theil der Cartilagine arytenoideae sehen konnte. Beim Tonangeben standen diese so, wie wenn die Stimmritze ganz geschlossen wurde. KEMPELEN (*Mechanismus d. menschl. Sprache. Wien 1791. 81.*) giebt an, dass die Stimmritze nicht über $\frac{1}{12}$, höchstens $\frac{1}{10}$ offen seyn dürfe, wenn noch die Stimme ansprechen soll, und RUDOLPHI (*Physiol. II. 1. 370.*) bestätigt es aus der Beobachtung eines Mannes, dem bei fehlender Nase die Rachenhöhle so frei lag, dass er das Oeffnen und Schliessen der Stimmritze gut sehen konnte.

MAGENDIE rechnet zur Stimmritze nicht den Raum zwischen den Cartilagine arytenoideae, welche nach ihm, zufolge Beobachtungen an Thieren, beim Tonangeben dicht aneinander liegen. Auch nach MALGAIGNE ist der hintere Theil der Stimmritze beim Tonangeben geschlossen. Diess mag wohl in der Regel so seyn und am ausgeschnittenen Kehlkopf des Menschen spricht der Ton nicht leicht an, wenn der hintere Theil der Stimmritze nicht geschlossen ist. Indessen ist es nach meiner Erfahrung nicht absolut zum Tonangeben nöthig, und ich erhielt bei einiger Spannung der Stimmbänder und enger Stimmritze in seltenen Fällen auch noch einen Ton bei geöffneter ganzer Länge der Stimmritze.

B. Thatsachen über die Veränderung der Töne des Stimmorgans und ihre Ursachen.
(Nach eigenen Beobachtungen.)

Durch Versuche an lebenden Thieren ist bis jetzt zur Erklärung der Stimme des Menschen noch nicht viel geleistet worden, obgleich die Bemühungen von MAGENDIE und MALGAIGNE auch in dieser Hinsicht ihr Verdienst haben. MAGENDIE legte bei einem Hunde die Stimmritze durch einen Einschnitt zwischen Schildknorpel und Zungenbein bloss, und beobachtete, dass die Stimmbänder bei tiefen Tönen in ganzer Länge schwingen, während der zwischen den Cartilagine arytenoideae gelegene Theil der Stimmritze geschlossen ist. Bei sehr hohen Tönen sollen die Schwingungen nur im hintersten Theile der Stimmbän-

der bemerklich seyn und die Luft nur durch den hintersten Theil der Stimmritze austreten. Es ist schwer einzusehen, wodurch die Verschliessung der Stimmritze in ihrem vordern Theile bewirkt werden solle. Am menschlichen Kehlkopf lässt sich auch eine solche Art des Durchströmens der Luft nicht bewirken, dagegen lässt sich sehr gut die Stimmritze von hinten her, bei gleichbleibender Spannung, etwas verkürzen durch stärkeres Aneinanderdrücken der vordern Fortsätze (Vocalfortsätze) der Basen der Cartilagines arytenoideae, an welchen die Stimmbänder befestigt sind. Die meisten Früchte lässt wohl zunächst nur ein sorgfältiges Erfahren am ausgeschnittenen Kehlkopfe des Menschen selbst erwarten. Im Anfange ist das Experimentiren am ausgeschnittenen Kehlkopfe des Menschen ungemein schwer, alles ist beweglich, wie soll man den Theilen die nöthige gleichbleibende Spannung, den Knorpeln eine bestimmte und gleiche Stellung geben, wie es doch zur Genauigkeit der Versuche nöthig ist, und wie ist diese Stellung leicht für bestimmte Zwecke zu ändern? Mit einigen Kunstgriffen kommt man indess doch zum Zweck. Zunächst kommt es darauf an, am Kehlkopf einen fixen Punct zu erhalten. Am Kehlkopf ist die vordere Wand grösstentheils und der obere Theil der hintern Wand beweglich. Der Schildknorpel kann gegen den Ringknorpel, die Cartilagines arytenoideae gegen den Ringknorpel bewegt werden. Durch beides wird die Spannung der Stimmbänder verändert. Da die Cartilagines arytenoideae die beweglichsten Theile sind, durch deren verschiedene Stellung am leichtesten Irrthum in die Versuche kommen kann, so suche ich zuerst ihre Stellung fix zu machen. Der Kehlkopf, mit einem Stück der Luftröhre wird mit der hintern Wand auf ein Brettchen gelegt, die Cartilago cricoidea darauf fest angebunden, und an dieses Brettchen auch die Cartilagines arytenoideae befestigt. Diess geschieht am besten folgendermassen. Ich stecke durch den untern Theil der Cartilagines arytenoideae quer einen Pfriemen durch, auf welchem sie zunächst neben einander fixirt sind. Das Durchstechen muss sehr vorsichtig geschehen, dass beide Bänder hernach bei der Spannung der Stimmbänder vom Schildknorpel aus gleich gespannt werden. Auch muss das Aufstecken der Cartilagines arytenoideae auf den Pfriemen so geschehen, dass, wenn sie gegen einander gedrängt werden, die vordern oder Vocalfortsätze an den Basen dieser Knorpel sich berühren. Auf diesem Pfriemen lässt sich den Knorpeln jede beliebige Stellung gegen einander geben. Sie können von einander etwas entfernt seyn, so dass auch der hintere, nicht tongebende Theil der Stimmritze offen ist, man kann sie auch dicht zusammenrücken und in dieser Lage, bei Verschliessung des hintern nicht tongebenden Theils der Stimmritze, auf den Pfriemen durch Schnüre unausweichlich befestigen. Wenn der so vorbereitete Kehlkopf auf dem Brettchen mit seiner hintern Wand befestigt ist, muss auch die von den Cartilagines arytenoideae gebildete hintere obere Wand des Kehlkopfs an das Brettchen befestigt werden; was leicht ist, indem nun der Pfriemen, auf welchem die Cartilagines arytenoideae stecken, durch Schnüre an das Brettchen unbeweglich angezogen wird. Ist die hintere Wand

des Kehlkopfs auf diese Art fest, so lässt sich den Stimmbändern jede beliebige und genau messbare Spannung durch Anziehen an der vordern von der Cartilago thyreoidea gebildeten Wand geben. Hierbei ist es nützlich, um einen Widerstand von Seiten der Befestigung der Cartilago thyreoidea an die Cartilago cricoidea aufzuheben, vorsichtig diese ganze Befestigung zu trennen. Durch eine an den Winkel des Schildknorpels dicht über der Insertion der Stimmbänder angeheftete Schnur kann man nun den Schildknorpel anziehen und die Entfernung der vordern beweglichen Wand von der hintern festen Wand des Kehlkopfs so weit vergrössern, als die Stimmbänder zwischen beiden Wänden es zulassen; in dem Maass als dies geschieht, werden die Stimmbänder gespannt. Die feine Schnur leite ich über eine Rolle und verbinde mit ihr eine Waagschale; durch Einlegen von Gewichten in die Schale kann ich die Spannung der Stimmbänder genau messbar verändern. Da der Kehldeckel, die oberen Stimmbänder und Ventriculi Morgagni, die Santorinischen Knorpel, die Ligamenta ary-epiglottica und selbst der obere Theil des Schildknorpels bis an die Insertionsstelle der Stimmbänder zum Tonangeben nicht wesentlich nöthig sind, so schneide ich alle diese Theile bis dicht über die unteren Stimmbänder weg, um besser die Stimmbänder beim Tönen und Schwingen, so wie die Stimmritze beobachten zu können. Es ist ohnehin nöthig, zuerst dasjenige kennen zu lernen, was allein durch die unteren Stimmbänder bewirkt werden kann; später soll der Einfluss der obern Kehlkopfhöhle über den unteren Stimmbändern untersucht werden. In dem Luftröhrenstück steckt ein Rohr von Holz zum Anblasen. Die Versuche sind von mir mittelst dieser Vorrichtung öfter wiederholt worden. Die Thatsachen, die dabei beobachtet wurden, sind folgende.

I. Die unteren Stimmbänder geben bei enger Stimmritze volle und reine Töne beim Anspruch durch Blasen von der Luftröhre aus. Diese Töne kommen den Tönen der menschlichen Stimme sehr nahe, und haben eine grosse Aehnlichkeit mit den Tönen, welche sich an nassen, aus elastischer Arterienhaut gebildeten, auf das Ende eines Rohrs aufgespannten Bändern durch Blasen hervorbringen lassen. Der beste künstliche Kehlkopf wird auf die eben angegebene Weise gebildet. Nasse Bänder von elastischer Arterienhaut bestehen aus demselben Gewebe wie die Stimmbänder selbst, und haben dieselben physicalischen Eigenschaften. Man kann ihnen andere trockene Bänder von Kautschuck substituiren, die Töne sind nicht sehr verschieden. Die Bänder werden an zwei Enden gespannt, schliessen aber sonst das Ende der Röhre bis auf die Stimmritze. Nasse elastische Bänder haben den Vorzug vor den Kautschuckbändern, weil jene wie das menschliche Stimmorgan, auch noch wenn die Bänder sehr klein sind, gute Töne geben, so dass der Unterschied wegfällt, welchen CAGNIARD LA TOUR (MAGENDIE, *Physiol.*) zwischen den Kautschuckbändern und Stimmbändern beobachtete.

II. Diese Töne unterscheiden sich von denjenigen, welche man erhält, wenn die Ventriculi Morgagni, die oberen Stimmbänder und

der Kehldeckel noch vorhanden sind, dass sie weniger stark sind, indem diese Theile sonst beim Anspruch, so wie die hintere Wand der Luftröhre, stark mitschwingen und resonniren.

III. Am leichtesten und jedesmal sprechen die Stimmbänder an, wenn der hintere Theil der Stimmritze zwischen den *Cartilagines arytenoideae* geschlossen ist. Doch ist diess nicht absolut nothwendig, und öfter, aber nicht jedesmal, spricht die Stimme auch bei ganz offener Stimmritze an, wenn die Oeffnung nur eng genug ist. In dieser Hinsicht muss ich MAGENDIE und MALGAIGNE einigermaßen widersprechen. Aber diese Töne sind schwer hervorzu- bringen und schwächer.

IV. Haben die Stimmbänder eine gleichbleibende Spannung, so bleibt sich der Ton in der Höhe gleich, mag der hintere Theil der Stimmritze offen seyn oder nicht; doch ist es nöthig, dass die Verschliessung des hintern Theils der Stimmritze durch Aneinander- pressen der *Cartilagines arytenoideae* durchaus nicht weiter als bis zur Insertionsstelle der Stimmbänder gehe. Man sieht hier- aus schon deutlich, dass die Stimmbänder es sind, deren Schwin- gungen den Ton bestimmen, und dass nicht die Luft, indem sie durch die Stimmritze durchgepresst wird, das primitiv Schwin- gende ist. Denn sonst müsste der Ton bei einer Stimmritze von ganzer Länge viel tiefer seyn, als bei einer Stimmritze von der Länge der Stimmbänder.

V. Schliesst der hintere Theil der Stimmritze zwischen den *Cartilagines arytenoideae* nicht ganz, so dass die Vocalefortsätze an den Basen der *Cartilagines arytenoideae* zwar sich berühren, aber ganz hinten eine kleine Oeffnung übrig bleibt, so entsteht durch letz- tere kein zweiter Ton, zuweilen brodeln nur die Luft durch die enge Oeffnung zwischen den Knorpeln und der sie verbindenden häutigen Wand durch.

VI. Bei gleicher Spannung der Stimmbänder hat die grössere oder geringere Enge der Stimmritze keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Tons. Der Ton spricht nur schwer an, wenn die Stimmritze weiter ist, und ist weniger klangvoll, indem man zu- gleich das Geräusch des Durchströmens der Luft vernimmt. Diess verhält sich ganz so wie am künstlichen Kehlkopf von Kautschuckbändern. Siehe oben p. 152. Hiebei zeigt sich zum zweitenmal, dass die Luft nicht das primitiv Schwingende seyn kann (wie nach der Theorie von DODART und LISCOVIUS, nach welcher die Bänder bloss mitschwingen sollen); denn sonst müsste die Tiefe des Tons mit der Weite der Stimmritze zunehmen. Die Stimmbänder verhalten sich also in dieser Hinsicht gleich wie die membranösen und metallischen Zungen, bei welchen eine wei- tere Oeffnung nur den Anspruch erschwert, nicht aber die Höhe des Tons verändert. Siehe oben p. 145. Dass eine weitere Stimmritze nicht tiefere Töne bedinge, hat FERREIN schon richtig beobachtet.

VII. Sind die Stimmbänder ungleich gespannt, so geben sie in der Regel doch nur einen Ton, und nur in seltenen Fällen zwei Töne an. Hier verhalten sich die Stimmbänder auch wieder wie die Kautschuckbänder am künstlichen Kehlkopf. Siehe oben p. 153.

Es ist dort auch gezeigt worden, dass der Ton bei ungleich gespannten Kautschuckbändern von einem der Bänder herrühren kann und dass oft das andere schwach mitschwingt; dass dagegen nicht immer Compensation der verschiedenen Stimmungen beider Bänder eintritt. Man kann auch am Kehlkopf öfter eine einseitige Schwingung eines Stimmbandes bemerken, besonders dann, wenn sie nicht ganz in gleicher Ebene liegen. Die Thatsache, dass bei zwei ungleich gespannten Stimmbändern, wie bei ungleich gespannten Kautschuckbändern, öfter nur das eine tönt, und dass sie in freilich seltenen Fällen zwei Töne geben, beweist abermals, dass die Stimmbänder das Primitive beim Tonangeben sind und nicht die Luft es ist.

VIII. Bei gleichbleibender Spannung der Stimmbänder entsteht zuweilen statt des Grundtons derselben ein viel höherer Ton, besonders wenn sie beim Schwingen in einem Theile ihrer Länge anstossen. Diess ist aus der Entstehung von Schwingungsknoten zu erklären, und Aehnliches zeigt sich zuweilen an Kautschuckbändern.

IX. Es können sowohl Töne hervorgebracht werden, wenn die Stimmbänder eine enge Oeffnung zwischen sich haben, als wenn sie sich ganz berühren. Im letztern Fall erfolgen die Töne besonders leicht bei ganz schlaffen Stimmbändern. In diesem Fall sind die Schwingungen der Stimmbänder ungemein stark, indem der Durchgang der Luft erschwert ist und sie stärker abgetrieben oder auseinander getrieben werden. Diess ist ein ganz ähnliches Verhalten wie bei den membranösen Zungen von Kautschuck. Denn der Ton entsteht hier öfter, wenn die Bänder bis zur Berührung aneinander liegen, ja sogar und noch besser als im letzten Fall, wenn ein Band mit seinem Rande über dem andern liegt, oder wenn nur ein Band angewandt und dieses mit seinem Rande über den Rand einer dünnen Holzplatte gespannt wird. Es ist dasselbe Verhalten wie bei den nicht einschlagenden Zungen, indem die Oeffnung von Moment zu Moment geschlossen und der Luftstrom stossweise unterbrochen wird.

X. Die Töne, welche entstehen, wenn die Stimmbänder bei sehr geringer Spannung einander berühren, unterscheiden sich im Klang von denjenigen, die bei enger Oeffnung der Stimmritze erzeugt werden. Im erstern Fall ist der Schall stärker und voller, im letztern Fall schwächer und gedämpfter.

XI. Haben die Stimmbänder eine bestimmte Länge und gleichbleibende schwache Spannung, so ist der Ton in der Höhe nicht verschieden, mögen die Stimmbänder sich berühren oder eine enge Oeffnung zwischen sich haben.

XII. Auch im ganz schlaffen und nicht gespannten Zustande der Stimmbänder lassen sich noch ganz gut Töne hervorbringen, wenn die Stimmritze zugleich sehr verkürzt wird, indem man sie durch Zusammendrücken der Lippen mit der Pincette in ihrem hintern Theile schliesst; bei einer Länge der Spalte von zwei Linien lassen sich dann noch Töne hervorbringen, wenn die Stimmbänder erschlafft sind und sich mit ihren Rändern berühren. Diese Eigenschaft der Stimmbänder lässt sich an trocknen elastischen Platten, wie Kautschuckstreifen, nicht erläutern, wohl aber an nassen Bän-

dern von elastischem Gewebe, wie von Arterienhaut. Das elastische Gewebe verliert übrigens auch im schlaffen, nicht gespannten Zustande seine elastische Gegenwirkung gegen den Strom der Luft nicht; denn der durchgehende Strom der Luft dehnt, wenn der Durchgang sehr kurz ist und die Stimmbänder aneinander liegen, beim Durchdrängen die schlaffen Bänder so sehr aus, dass sie wieder elastische Gegenwirkung bekommen, so dass durch die Vibrationen mit sehr grossen Excursionen die Stimmritze abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Es ist indess nicht einmal nöthig, dass die Elasticität der durch den Luftstrom ausgedehnten Stimmbänder so gross werde, dass sie rückschwingend die Stimmritze schliessen. Sie können auch ohne periodischen Schluss der Stimmritze im vom Luftstrom ausgedehnten Zustande schwingen, so wie eine schwach gespannte membranöse Zunge von Kautschuck, ohne bei den Rückschwingungen die gerade Linie zu erreichen.

XIII. *Tiefe Töne lassen sich bei kurzer, ja sehr kurzer Stimmritze sowohl als bei langer Stimmritze, hohe Töne bei langer sowohl als kurzer Stimmritze erzeugen, wenn nur die Stimmbänder bei langer Stimmritze für hohe Töne zugleich stärker gespannt sind, und wenn nur die Stimmbänder für tiefe Töne bei sehr kurzer Stimmritze mit berührenden Lippen ganz erschlafft sind.* Man kann durch Zusammendrücken der Lippen der Stimmritze mittelst einer Pincette in dem Raume vor den Vocalefortsätzen der Cartilagines arytenoideae der Stimmritze ohne Veränderung der Spannung jede beliebige Verkürzung geben. Man kann ferner durch Zurückdrücken des Schildknorpels den Stimmbändern jede beliebige Abspannung geben. Durch Anwendung dieser Vorrichtungen gelangt man zu dem vorerwähnten Resultate.

XIV. *Die Töne verändern sich in der Höhe, wenn die ganzen Stimmbänder vom Winkel der Cartilago thyreoidea bis zu den fest aneinander liegenden Vocalefortsätzen der Cartilagines arytenoideae ohne Berührung schwingen, mit zunehmender Spannung nicht ganz wie die Saiten und an zwei Enden gespannten Membranen.* Sie bleiben bei zunehmender Spannung meist um einige halbe oder ganze Töne unter der nach der Theorie geforderten durch die Spannung bedingten Höhe. Niemals werden sie höher als die nach der Theorie geforderten Töne; es sey denn, dass die Stimmbänder ungleich gespannt sind, sich in einem Theil ihrer Länge bei der Schwingung berühren und secundäre Schwingungsknoten erzeugen, wobei unerwartete, sehr hohe Töne nach Analogie der Flageolettöne entstehen können. Bekanntlich nehmen bei den Saiten die Töne oder Schwingungsmengen bei gleicher Länge der Saiten im geraden Verhältnisse zu, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte. Siehe oben p. 136. D. h. wird eine Saite durch 4 Loth Gewicht gespannt und giebt sie dann *c*, so giebt sie bei 16 Loth Gewicht die Octave von *c*, bei 64 Loth Gewicht die zweite Octave von *c*. Vermittelst der p. 185. beschriebenen Vorrichtung lassen sich vergleichende Proben an den Stimmbändern anstellen. Man erhält zwar bei quadratischer Zunahme der Gewichte auf der Wageschaale in der Regel keine Octaven,

sondern meist Töne, die um einen halben, ganzen, anderthalb, zwei ganze oder drei ganze Töne unter den Octaven sind; aber die Analogie ist doch immer auffallend genug, und es lässt sich wenigstens so viel durch dergleichen Versuche zeigen, dass die durch Zunahme der Spannung im Verhältniss von 4, 16, 64 hervorgebrachten Töne sich einigermaßen der Reihe der Zahlen 1, 2, 4 nähern. Was allein schon beweist, dass die Töne des menschlichen Stimmorgans, sofern sie an der Stimmritze und ihrer Begrenzung entstehen, denen der Saiten und membranösen Zungen analog sind. Die Versuche gelingen nur dann, wenn die Stimmbänder möglichst gleich gespannt sind und ihre Berührung an aliquoten Theilen ihrer Länge bei der Schwingung mit höherer Spannung vermieden werden kann. Aber eine grosse Schwierigkeit liegt in der gleichen Spannung der Stimmbänder und in der Vermeidung dieser Berührung der Stimmbänder in aliquoten Theilen ihrer Länge. Die letztere bringt statt der geforderten Töne öfter weit höhere, schreiende Flageolettöne hervor. Manche Kehlköpfe zeigten sich bei der Unmöglichkeit dieses plötzliche Uebergehen bei stärkerer Spannung in andere Register zu vermeiden, zu den Versuchen ganz unbrauchbar; am besten sind im Allgemeinen männliche Kehlköpfe bei grösserer Länge der Stimmbänder. Man muss die Versuche öfter wiederholen, um einen solchen Fall zu finden, wo sich die schreienden ungeforderten Töne vermeiden lassen. Ich führe hier mehrere Beispiele von Kehlköpfen an, an welchen die Versuche am günstigsten ausfielen. Ein Uebelstand ist, dass sich die Bänder durch Gewichte nicht gut in ganz gerader Richtung spannen lassen, ohne dass andere Theile einigen Widerstand leisten. Bei dem Ausspannen der Stimmbänder von der Cartilago thyreoidea aus wirkte das elastische Gewebe zwischen Cartilago thyreoidea und cricoidea nach einer Seite hin hindernd, und bewirkte einen Abzug der Spannung; man kann diess elastische Gewebe durchschneiden, dann wirkt noch immer das Gelenk zwischen Cartilago cricoidea und thyreoidea hindernd; man kann auch diese Gelenkverbindung lösen, aber auch dann bleiben die Töne bei stärkerer Spannung fast immer unter den geforderten Tönen, wenn die Flageolettöne vermieden werden. Die Spannung geschah in den als Beispiele anzuführenden Versuchen in etwas verschiedenen Directionen, bald gerade in der Richtung der Länge der Stimmbänder, bald in einer Richtung, die ein wenig vor- oder rückwärts von dieser Richtung abwich, um die Breite der Abweichungen bei solchen Versuchen kennen zu lernen. Je nach dieser verschiedenen Richtung, in welche die durch Gewichte gespannte Schnur wirkt, ist natürlich auch der Grundton der Bänder ein wenig verschieden. Ein anderer Uebelstand liegt in der Unmöglichkeit, einen immer gleich starken Anspruch bei der Spannung der Stimmbänder durch Blasen zu erhalten. Die Töne steigen aber in der Höhe bei stärkerem Blasen. Am zweckmässigsten nimmt man jedoch zur Basis der Vergleichung nur diejenigen Töne, die sich bei jeder Spannung durch den allerschwächsten Anspruch des Blasens ergeben, oder die Grundtöne der Stimmbänder.

I. Versuch. Grundton der Stimmbänder bei 4 Loth Gewicht
Spannung $\bar{c}$.

Spannung.		Loth 4	Loth 16	Loth 64
Töne.		$\bar{c}$	$\bar{a}$	$\bar{gis}$
II. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{cis}$	$\bar{h}$	$\bar{ais} - \bar{a}$
III. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{gis}$	$\bar{cis}$	$\bar{c}$
IV. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{a}$	$\bar{d}$	$\bar{c}$
V. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{ais}$	$\bar{fis}$	$\bar{g}$
VI. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{ais}$	$\bar{gis}$	$\bar{g}$
VII. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{d}$	$\bar{c}$	$\bar{a}$
VIII. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{dis}$	$\bar{h}$	$\bar{a}$
IX. Versuch.	Spannung	4	16	64
	Töne	$\bar{g}$	$\bar{g}$	$\bar{g}$, die beiden Octaven unrein.

Die Töne wurden jedesmal an einem gut gestimmten Clavier von einer zweiten Person bestimmt.

XV. Die vom Kehlkopf isolirten und gespannten Stimmbänder verhalten sich nur annähernd wie die Saiten, mit denen die isolirt ohne Rahmen durch Luftstrom schwingenden membranösen Zungen nach p. 151. übereinstimmen. Nach der oben angegebenen Methode, an frei gespannten Kautschuckbändern ohne Rahmen Schwingungen und Töne durch den freien Luftstrom durch ein feines Röhrchen hervorzubringen, ist es nicht schwer, auch ein ganz isolirtes, frei stehendes und gespanntes Stimmband durch Blasen zum Tönen zu bringen. Ich schneide ein Stimmband so aus, dass vorn mit ihm ein Stück vom Winkel der Cartilago thyreoidea, hinten ein Stück der Cartilago arytenoidea in Verbindung bleibt. Das eine Ende wird dann auf einem Brett fixirt, an das andere ein Faden angebunden und dieser über eine Rolle geleitet; der Faden kann durch Gewichte in einer Wageschale angezogen werden. Blase ich dann mittelst eines feinen Röhrchens gegen den Rand des Stimmbandes, so entsteht sein Grundton, schwach und klanglos. Auch in diesem

Fall blieben die Töne unter den nach der Theorie geforderten Zahlen. Ein Stimmband gab bei 16 Loth Gewicht Spannung *ais* an, wurde das Gewicht auf 4 Loth reducirt, so fiel sein Grundton auf *d*; wurden wieder 16 Loth Gewicht aufgelegt, so gab es wieder *ais* an.

XVI. *Durch Veränderung der Spannung in gleicher Direction lassen sich die Töne am Kehlkopf ohngefähr im Umfang von zwei Octaven verändern, bei stärkerer Spannung entstehen unangenehme, höhere pfeifende oder schreiende Töne.* Wenn es nicht darauf ankömmt, die Stimmbänder durch Gewichte, welche in der Richtung der Bänder selbst ziehen, zu spannen, wie in den vorher erläuterten Fällen, so lässt sich die Spannung am leichtesten auf dieselbe Art, wie es von der Natur selbst geschieht, verändern, nämlich durch Herabziehen des Schildknorpels gegen den Ringknorpel, wenn die Cartilagines arytenoideae fixirt sind. Diese Art von Spannung ist hebelartig. Der Hebel ist der Schildknorpel, das Hypomochlion des Hebels die seitliche Gelenkverbindung des Schildknorpels und Ringknorpels. Auf diese Art sind die folgenden Versuche angestellt. Die Cartilagines arytenoideae werden wie vorher zuerst auf einem Pfriemen fixirt, aneinander gebunden, so dass bloss die Stimmritze zwischen den Bändern übrig bleibt. Dann werden sie an ein schmales Brettchen angebunden, auf welchem die Luströhre fixirt ist. Das Brett wird senkrecht an einem Gestell befestigt; am vordern Winkel des Schildknorpels, gerade über der Befestigung der Stimmbänder ist der Faden mit der senkrecht herabhängenden kleinen Wageschale angeheftet. Werden mehr Gewichte eingelegt, so rückt der Schildknorpel gegen den Ringknorpel herab, und der Raum, der von dem Ligamentum crico-thyreoideum medium ausgefüllt wird, wird enger; in demselben Grade werden die Stimmbänder gespannt. Man ahmt hierbei die Wirkung der Musculi crico-thyreoidei nach. Auch am lebenden Menschen wird der Raum zwischen Ringknorpel und Schildknorpel beim Singen vom tiefsten bis höchsten Ton immer enger, wie Jeder sich an sich selbst überzeugen kann, wenn er die Spitze des Fingers tief in diese Lücke legt. Bei den gleich zu erwähnenden Versuchen reichte bei den tieferen Tönen gegen ein halbes Loth Gewicht hin, den Ton um einen halben Ton zu erhöhen, bei stärkerer Spannung wurde mehr und zuletzt sogar 3 Loth erfordert, um eine Veränderung von einem halben Ton hervorzubringen. Natürlich wirkt das Gewicht verschieden in dem Maass, als sich die Stellung des Schildknorpels verändert, ausserdem gehen bei fortdauernder Anspannung der Bänder auch kleine Veränderungen ihrer Elasticität vor sich. Zur Grundlage der Vergleichung wurden nur die beim schwächsten Anblasen hörbaren Töne genommen; bei stärkerm Blasen erhöht sich der Ton; hieraus ergibt sich zugleich, dass die Bestimmung des Grundtons der Bänder bei einer bestimmten Spannung nicht ganz genau seyn kann; doch glaube ich für gewiss annehmen zu können, dass die hierdurch entstehenden Fehler nur weniger als einen halben Ton betragen können, da man jedesmal nur die tiefsten Töne annahm. In Ganzen gleichen sich

solche Fehler aus, und auch die Unreinigkeit des einen oder andern Tons bei den angewandten Gewichten, bei denen man es bewenden liess, war für das Ohr eines Sängers, der die Töne jedesmal am Clavier bestimmte, nicht gross. Die beiden Versuche wurden nach einander an demselben Kehlkopf gemacht. Die ausserordentliche Höhe, welche durch Spannung hervorgebracht wurde, war um so merkwürdiger, als der Kehlkopf ein männlicher war.

I. Versuch.			II. Versuch.		
	Gewichte.	Töne.		Gewichte.	Töne.
	$\frac{1}{2}$ Loth	<i>ais</i>		$\frac{1}{2}$ Loth	<i>h</i>
1	"	<i>h</i>	1	"	<i>c</i>
$1\frac{1}{2}$	"	<i>c</i>	$1\frac{1}{2}$	"	<i>cis</i>
2	"	<i>cis</i>	2	"	<i>d</i>
$2\frac{1}{2}$	"	<i>d</i>	$2\frac{1}{2}$	"	<i>dis</i>
$2\frac{8}{10}$	"	<i>dis</i>	3	"	<i>e</i>
3	"	<i>e</i>	$3\frac{1}{2}$	"	<i>f</i>
$3\frac{1}{2}$	"	<i>f</i>	4	"	<i>fis</i>
4	"	<i>fis</i>	$4\frac{1}{2}$	"	<i>g</i> +
$4\frac{1}{2}$	"	<i>g</i>	5	"	<i>gis</i>
5	"	<i>gis</i>	$5\frac{1}{2}$	"	<i>a</i>
$5\frac{1}{2}$	"	<i>a</i>	6	"	<i>ais</i>
6	"	<i>ais</i>	$6\frac{1}{2}$	"	<i>h</i>
$6\frac{1}{2}$	"	<i>h</i>	$7\frac{1}{2}$	"	<i>c</i>
7	"	<i>h-c</i>	$8\frac{3}{10}$	"	<i>cis</i>
$7\frac{1}{2}$	"	<i>c</i>	9	"	<i>d</i>
8	"	<i>cis</i>	10	"	<i>dis</i>
$8\frac{1}{2}$	"	<i>d</i>	11	"	<i>e</i>
$9\frac{7}{10}$	"	<i>dis</i>	12	"	<i>f</i>
$10\frac{7}{10}$	"	<i>e</i>	13	"	<i>fis</i>
$11\frac{7}{10}$	"	<i>f</i>	15	"	<i>g</i>
13	"	<i>fis</i>	$17\frac{1}{2}$	"	<i>gis</i>
15	"	<i>g</i>	18 ¹	"	<i>a</i>
17	"	<i>gis</i>	20	"	<i>ais</i>
19	"	<i>a</i>	22	"	<i>h</i>
22	"	<i>ais</i>	26	"	<i>c</i>
25	"	<i>h</i>	29	"	<i>cis</i>
28	"	<i>c</i>	32	"	<i>d</i>
31	"	<i>cis</i>	37	"	<i>dis</i>
35	"	<i>d</i>			Kein Ton
37	"	<i>dis</i>			mehr.
		Kein Ton mehr.			

Nach dem ersten Versuch hatten sich die Stimmbänder nur um so viel verändert, dass sie bei $\frac{1}{2}$ Loth Gewicht statt *ais* vielmehr *h* gaben. Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass ohngefähr 1 Pfund bürgerl. Gewicht Muskelkraft die Töne im Umfang von 2 Octaven hervorbringen kann.

XVII. Ist der hintere Theil der Stimmritze nur fest geschlossen, und sind die *Cartilagines arytenoideae* fixirt, so dass die Stimmbänder bloss durch die Elasticität des *Ligamentum crico-thyreoideum medium* ganz schwach gespannt sind, so lassen sich noch tiefere Töne hervorbringen, wenn die von diesem Band bewirkte Spannung aufgehoben und eine noch grössere Abspannung und gänzliche Erschlaffung der Stimmbänder bewirkt wird. Man bewirkt in diesem Fall die noch stärkere Abspannung durch einen mit Gewichten beschwerten Faden, der von dem Winkel des Schildknorpels ab rückwärts über eine Rolle geht und also den Schildknorpel den fixirten *Cartilagines arytenoideae* nähert. Dieser Mechanismus erläutert die Wirkung des *Musculus thyreo-arytenoideus*. Der Kehlkopf ist senkrecht aufgestellt und man bläst ihn von unten durch ein gekrümmtes Rohr an. Bei diesen Versuchen müssen immer Mehrere zugegen seyn; Einer spricht an, Einer legt die Gewichte auf die Wageschale, Einer bestimmt die Töne auf dem Clavier. In dem Beispiele, welches ich anführe, war der Ton, von dem man ausging, *dis* bei $\frac{3}{10}$ Loth Gegengewicht Abspannung. Bei zunehmenden Gewichten der Abspannung sanken die Töne folgendermassen:

Töne: *dis d cis c h ais a e* und *gis e dis d cis H.*
nacheinander
 Loth: $\frac{3}{10}$ $\frac{1}{2}$ 1 $1\frac{3}{10}$ $1\frac{4}{10}$ $1\frac{1}{2}$ $1\frac{7}{10}$ $2\frac{2}{10}$ $2\frac{4}{10}$ $2\frac{6}{10}$ $2\frac{8}{10}$ $3\frac{1}{10}$ $3\frac{3}{10}$.

Auf diese Art wurden also durch immer stärkere Abspannung der Stimmbänder vermöge Gegenspannung in der Art der Wirkung des *Musculus thyreo-arytenoideus* die tiefsten Basstöne der Bruststimme erreicht.

XVIII. Man kann auf dem ausgeschnittenen Kehlkopf bei sehr schwacher Spannung der Stimmbänder zwei ganz verschiedene Register von Tönen hervorbringen; Töne, im Allgemeinen tiefer, welche mit der Bruststimme die vollkommenste Aehnlichkeit haben, andere im Allgemeinen höher und die höchsten, welche im Klang ganz der Falsetstimme gleichen. Diese verschiedenen Töne können bei einer bestimmten gleichen Spannung hervorgebracht werden. Zuweilen spricht der Ton der Bruststimme, zuweilen bei derselben Spannung derjenige der Fiselstimme an. Bei einiger Spannung der Stimmbänder sind die Töne immer vom Klang der Falsetstimme, mag man schwach oder stark blasen. Bei grosser Abspannung sind die Töne die der Bruststimme, mag man schwach oder stark blasen. Bei sehr schwacher Spannung hängt es von der Art des Blasens ab, ob der eine oder andere Ton erfolgt; der Falsetton erfolgt leichter bei ganz schwachem Blasen. Beide Töne können ziemlich weit auseinander liegen, selbst um eine ganze Octave. Zu diesen Versuchen ist es zweckmässig, männliche Kehlköpfe zu nehmen. Der hintere Theil der Stimmritze muss wie immer durch die oben beschriebene Vorrichtung verschlossen, und die *Cartilagines arytenoideae* und der ganze Kehlkopf fixirt seyn. Sind

die Cartilagines arytenoideae senkrecht fixirt, so reicht die blosse Spannung der Stimmbänder durch das Ligamentum crico-thyreoideum medium hin, um die hier erwähnten Phänomene zu bewirken; spannt man weiter künstlich, so erfolgen keine Brusttöne mehr. Dass die Stimmbänder bei den Brusttönen schlaff, bei den Falsettönen gespannt sind, ist von Liscovius zuerst entdeckt; indess lässt sich bei einem gewissen Grade der Abspannung bei verschiedenem Anspruch sowohl ein Brustton als ein Falsetton hervorbringen, und auch bei den Brusttönen hängt die Höhe nicht von der Enge der Stimmritze, sondern von dem grössern oder geringern Grade von Abspannung der Bänder ab, wie ich durch viele Versuche erprobt und durch das Beispiel XVII. erläutert habe. Die Ursache der Brust- und Falsettöne liegt also noch in etwas ganz anderm als dem von Liscovius entdeckten Umstand.

XIX. Haben die Stimmbänder eine so geringe Spannung oder einen so geringen Grad von Abspannung, dass man durch verschiedene Art des Anspruchs Brusttöne und Falsettöne darauf hervorbringen kann, so kann man sich weiter überzeugen, dass die Falsettöne keine solche Flageolettöne wie die der Saiten sind, welche bei Schwingungen aliquoter Theile der Länge der Saiten entstehen; die Stimmbänder können in beiden Füllen, bei dem höhern Falsetton und dem tiefern Brustton, in ganzer Länge schwingen und man sieht es deutlich. Der wesentliche Unterschied beider Register besteht darin, dass bei den Falsettönen bloss die feinen Ränder der Stimmbänder, bei den Brusttönen die ganzen Stimmbänder lebhaft und mit grossen Excursionen schwingen. Diese Thatsache ist zuerst von LEHFELDT beobachtet. GOTTFR. WEBER (*Caecilia* I. 81.) hat die Vergleichung der Falsettöne mit den Flageolettönen der Saiten besonders hervorgehoben, und die Falsettöne als durch Schwingungen der Bänder mit Schwingungsknoten entstehend angesehen. Diese Erklärung lässt sich zwar, wie man sieht, nicht festhalten; indessen ist doch die Entstehung der Falsettöne nicht ganz unähnlich. Sie entstehen durch Theilung der Bänder in der Breite oder Schwingung nur eines Theils der Breite der Bänder, nämlich des Randtheils. Natürlich kann ein Band von einiger Breite sehr verschiedener Art der Schwingung beim Anblasen fähig seyn. Bald schwingt der Rand, dann wird der übrige Theil der Membran bloss vom Luftstrom ausgedehnt, bald schwingt die ganze Membran. Bei den Falsettönen, wo der feine Rand der Stimmbänder schwingt, kann man wegen der geringern Excursionen der Schwingungen meist sehr scharf noch die Spalte der Stimmritze unterscheiden; bei den Brusttönen sind die Excursionen so stark, dass der Schimmer der Schwingungen beider Bänder sich vermischt. Wesentlich ist aber nicht bloss, dass die ganzen Bänder schwingen, auch die angrenzende Membran vor den unteren Stimmbändern, welche mit diesen zusammenhängt und von dem untern stärksten Theil des Musculus thyreo-arytenoideus bedeckt ist, schwingt heftig mit sammt diesem Muskel. Die Brusttöne vertiefen sich um so mehr, als man den Schildknorpel den senkrecht feststehenden Cartilagines arytenoi-

deae nähert, wie in dem Versuch p. 194., wo der tiefste Ton mit *H* erreicht wurde. Bei weiterer Abspannung sprach die Luft nicht mehr an. Durch successive Entfernung des Schilddknorpels nach vorn, ohne dass jedoch die Stimmbänder einigermaßen stärker gespannt werden, erhält man eine ganze Reihe von Basstönen an einem guten männlichen Kehlkopf, wenigstens im Umfang einer Octave vom tiefsten möglichen Basston. Weiter kann man die Bruststimme auf diese Art nicht erhöhen; sie springt sonst in die Fistelstimme über, die bei einiger Spannung der Stimmbänder allein möglich ist. Dass die Stimmbänder in so abgespanntem Zustande immer noch starke Töne geben, wird begreiflich dadurch, dass sie durch die Ausdehnung vom Luftstrom immer wieder einige Tension erhalten, wie es auch an Kautschukbändern der Fall ist. Die höheren Brusttöne waren nie ganz leicht an einem ausgeschnittenen Kehlkopf möglich. Da der Ton bei einigermaßen zunehmender Spannung der Stimmbänder sogleich in die Fistelstimme überspringt, so muss man diese stärkere Spannung bei der Erzielung höherer Brusttöne jedenfalls vermeiden. Dagegen giebt es zwei Mittel, durch welche sich der auf die vorher angezeigte Weise erhaltene höchste Brustton bei einer bestimmten Länge und Abspannung der Stimmbänder noch sehr erhöhen lässt. Das eine Mittel ist das stärkere Blasen, wodurch die successive Erhöhung bis zu einer Quinte nicht schwer ist; die höheren auf diese Art erreichten Brusttöne sind unangenehm schreiend und geräuschvoll. Das zweite Mittel besteht in der Verengerung des nächsten Raumes unter den unteren Stimmbändern. Dieser Raum und seine Wände sind überhaupt für die Theorie der Brusttöne von grosser Wichtigkeit. Man ist bisher gar nicht achtsam darauf gewesen; schon der Umstand, dass die Wände dieser Stelle zunächst unter den unteren Stimmbändern einige Linien hoch seitlich von einer dicken Lage Muskelfleisch, dem untern Theil des *Musculus thyreo-arytenoideus*, ausgekleidet werden, muss auf seine Wichtigkeit aufmerksam machen. Es ist bekannt, dass dieser Raum an Enge zunimmt, je mehr er sich der Stimmritze nähert, indem er zuletzt in sie übergeht. Um den Einfluss dieser Stelle auf die Veränderung der Brusttöne zu bemerken, nehme man an einem männlichen Kehlkopf alles durch einen Querschnitt bis über die unteren Stimmbänder weg, mache die *Cartilagines arytenoideae* auf die früher beschriebene Weise fest, schliesse den hintern Theil der Stimmritze bis an die *Vocalfortsätze* der *Cartilagines arytenoideae* auf die angezeigte Weise fest zu und präparire dann das Muskelfleisch des *Musculus thyreo-arytenoideus* zu den Seiten der unteren Stimmbänder und weiter nach abwärts bis auf die innere Haut des Kehlkopfs ab, wo sie den trichterförmig verengerten Vorraum der Stimmritze auskleidet. Die Membran ist auch noch einigermaßen elastisch und hängt oben mit dem Gewebe der Stimmbänder innig zusammen. Diese ganze Membran des trichterförmigen Vorraums der Stimmritze schwingt bei den Brusttönen mit der ganzen Dicke und Breite der unteren Stimmbänder mit. Wird dieser Trichter in seinem weiten, nach unten sehenden

Theil seitlich verengert, die Stimmritze also in der Richtung ihrer Tiefe von oben nach unten vergrössert, so nehmen die Brusttöne *ceteris paribus* an Höhe zu; durch diese Verengung kann man auch das Uebergehen der Bruststimme in die Falsetstimme mehr als durch irgend etwas anderes verhüten. Die Verengung wird, ohne die Stimmbänder selbst zu drücken, durch zwei Plättchen, z. B. platte Scalpelstiele bewirkt, die man convergirend von beiden Seiten so tief als möglich gegen die Seiten der Kehlkopfmembran einige Linien unter den unteren Stimmbändern eindrückt. Eine ähnliche Wirkung müssen am lebenden Körper die unteren Theile der *Musculi thyreo-arytenoidei* haben, welche wie muskulöse Lippen an den Seiten dieses Isthmus liegen. Die Theorie dieser Wirkung ergiebt sich aus den Untersuchungen über die membranösen Zungen, s. oben p. 170., wo gezeigt wurde, dass ein Stopfen im Windrohr dicht vor der membranösen Zunge, mit enger, mittlerer Oeffnung den Ton der Zunge höher macht, als er bei der bestimmten Länge des Windrohrs ohne den Stopfen seyn würde.

Dieser Muskel ist aber auch noch in anderer Hinsicht von Wichtigkeit; er kleidet nicht bloss den verengerten Zugang zur Stimmritze aus und wirkt als Obturator dieser Stelle des Windrohrs, sondern er geht auch zur Seite der Stimmbänder, mit deren äusseren Fasern er innigst verwebt ist, ferner zur Seite der MORGAGNI'schen Ventrikel her, und kann daher bei seiner Wirkung die mit den Stimmbändern mitschwingenden Membranen, ja sie selbst von aussen dämpfen, wodurch, wie wir bei den Kautschuckzungen sahen, eine Erhöhung des Tons entsteht. S. oben p. 155. Endlich kann dieser Muskel auch die Tension der Stimmbänder dadurch verändern, dass sich seine Fasern in den äussern Umfang der Stimmbänder, wie neulich LAUTH zeigte, einweben, was ich bestätigt sehe. Verkürzt sich dieser Muskel, so muss selbst ein schlaffes Stimmband, wie es für die tiefen Brusttöne seyn muss, etwas straffer durch die Verkürzung werden. Diese Wirkung des Muskels auf die schlaffen Stimmbänder ist ähnlich, wie die des Sphincter oris auf die Tension der Lippen beim Trompetenblasen. Man sieht, dass die jedesmalige Elasticität der Stimmlippen nicht bloss von der Ausspannung der Stimmbänder nach vorn und hinten, sondern auch von dem Grade der Tension ihres äussern muskulösen Umfanges abhängig ist. Die Stimmlippen beschränken sich nicht auf die elastischen Bänder, sie sind nach innen elastisch bandartig, nach aussen muskulös.

Man kann die Wirkung dieses Muskels auch durch seitliches Zusammendrücken des Schildknorpels (der nicht verknöchert seyn darf) ersetzen und hierdurch kann man die Brusttöne so hoch treiben, als es überhaupt leicht der menschlichen Stimme möglich ist. Sind die Stimmbänder abgespannt, so werden die Falsettöne dabei ganz vermieden,

Ein Kehlkopf gab bei der grössten Abspannung der Stimmbänder durch Rückwärtsbewegung der *Cartilago thyreoidea* bei fixirten *Cartilagines arytenoideae* den Brustton *c*. Durch geringere Abspannung und stärkeres Blasen liessen sich die Brusttöne bis *c*,

also im Umfang einer Octave steigern, Diess war die Grenze der Brusttöne, welche auf diese Weise erhalten werden konnten, wurde nun aber der Kehlkopf seitlich zusammengedrückt in der Gegend der Stimmbänder und unter dieser Gegend, so wurden die weiteren Brusttöne mit Leichtigkeit hervorgebracht und der Brustton stieg um so höher, je mehr die Zusammendrückung wuchs. Auf diese Art wurde wieder eine ganze Octave Brusttöne möglich bis $\bar{c}$. Hier war eine unübersteigliche Grenze und die Zusammendrückung des Schildknorpels hatte den höchsten Grad erreicht. Bemerkenswerth ist noch, dass bei dieser Zusammendrückung die Fisteltöne ganz ausgeschlossen wurden. Es scheint daher, wenn man die Wirkung der Zusammendrückung des Kehlkopfs von den Seiten auf die Stimmbänder für eine Nachahmung der Wirkung des *M. thyreo-arytenoideus* ansehen will, dass gerade dieser Muskel, indem er den Stimmbändern eine musculöse Tension ertheilt, und indem er den *Aditus glottidis inferior* verengt, die Falsetstimme ausschliesst, die sonst schon ziemlich tief möglich ist. An dem vorhererwähnten Kehlkopf z. B. war der erste mögliche Falsetton *ais* vor $\bar{c}$ und von da an weiter, dennoch wurden alle Fisteltöne von $\bar{c}$ bis $\bar{c}$ durch die stärkere Zusammendrückung des Kehlkopfs ausgeschlossen, und die höchsten Brusttöne bei immer mehr zunehmender Zusammendrückung noch bis $\bar{c}$ möglich. Die Theorie der Brusttöne ist demnach diese:

1. Die Bänder schwingen in ganzer Breite, auch die mit ihnen verbundenen Membranen und der *Musc. thyreo-arytenoideus*.

2. Die tiefsten Brusttöne werden erhalten bei grösster Abspannung der Stimmbänder durch Rückwärtsbewegen des Schildknorpels.

3. Bei so grosser Abspannung sind die Stimmbänder nicht allein ganz ungespannt, sondern im Zustande der Ruhe auch runzelig und faltig; aber sie werden durch das Blasen ausgedehnt und dieses giebt ihnen die zum Schwingen nöthige Tension.

4. Indem man die Abspannung geringer werden lässt und dem Schildknorpel erlaubt, sich nach vorn zu begeben oder dem Zuge des elastischen *Ligamentum crico-thyreoideum medium* nachzugeben, steigen die Brusttöne bis gegen eine Octave.

5. Bei der mittlern ruhigen Stellung des Schildknorpels und der *Cartilagine arytenoideae*, wenn die Stimmbänder weder gespannt noch gefaltet sind, hat der Kehlkopf die Disposition zu seinen leichtesten mittleren Brusttönen. (Zwischen den mittleren und tiefsten Brusttönen liegen die der gewöhnlichen Sprache.)

6. Die zweite Octave tritt schon, indem aufwärts entsprechende Fisteltöne neben ihr liegen, mit diesen in Collision, letztere werden vermieden und die Brusttöne bis zur letzten Grenze gesteigert durch Zusammendrückung der Stimmbänder von den Seiten und Verengerung des *Aditus glottidis inferior* vermöge des *Musculus thyreo-arytenoideus*, dann auch wieder, wie schon vorher, durch stärkeres Blasen.

7. Bei den Brusttönen kommt ausser den Stimmbändern

auch die musculöse Tension der Stimmlippen durch den *Musculus thyreo-arytenoideus* in Betracht.

8. Bei den Falsettönen schwingt bloss der innere oder Randtheil der Stimmbänder; sie hängen in Hinsicht der Höhe von der Spannung der Stimmbänder ab.

XX. *Der Kehldeckel, die oberen Stimmbänder, die MORGAGNI'schen Ventrikel, die Gaumenbogen, kurz alle vor den unteren Stimmbändern liegenden Theile sind weder zur Bildung der Brusttöne, noch der Falsettöne nöthig, wie sich deutlich genug aus diesen Versuchen ergibt.*

XXI. *Die auf weiblichen Kehlköpfen leicht hervorzubringenden Töne sind im Allgemeinen höher.* Doch lassen sich auch tiefe Töne bei gänzlicher Abspannung der Stimmritze und Annäherung ihrer Ränder bis zur Berührung selbst bei kurzer Stimmritze hervorbringen. Die Stimmbänder der weiblichen Kehlköpfe sind im Allgemeinen viel kürzer als die der männlichen, hievon ist hauptsächlich die höhere Stimme der Weiber abzuleiten; so dürften die Register der männlichen Stimmen (Bass, Tenor), und der weiblichen Stimmen (Alt, Sopran) hauptsächlich und primitiv von der verschiedenen Länge der Stimmbänder abzuleiten seyn, obgleich der verschiedene Umfang des Kehlkopfes und die Stärke seiner Wände auch einen grossen Antheil hat. Bilden die Wände einen schwachen und kleinern Resonanzboden, so werden zwar tiefe Töne vielleicht noch möglich, aber klanglos seyn. Die längeren Stimmbänder der Männer werden zwar durch starke Spannung bei den Fisteltönen einigermaßen ersetzen können, was die Weiber mit Leichtigkeit auf kürzeren Stimmbändern durch geringere Spannung hervorbringen. Indess hat diess nothwendig in der Contractionskraft der Muskeln seine Grenze. Muskeln können sich im Maximum ihrer Verkürzung nach SCHWANN doch nur um obngefähr ein Drittel verkürzen *). Da die Spannung der Stimmbänder durch verschiedene Muskeln von hinten und vorn zugleich geschehen kann, und die Stücke, an welchen die Stimmbänder sich inseriren, einigermaßen hebelartig sich bewegen können, so sind zwar die Mittel etwas grösser. Indess muss doch bald auf diesem Wege eine bestimmte Grenze in der Steigerung der Töne hervorgebracht werden. Bei der höchsten Spannung wird nur durch zufällige Berührung der Stimmbänder in einem aliquoten Theile ihrer Länge noch ein höherer schwacher Ton hervorgebracht werden können. Ich habe die Länge der Stimmbänder bei Männern und Weibern und ihr Verhältniss zu einander zu messen gesucht. Da nur die Länge der Stimmbänder selbst, nicht aber die ganze Länge der Stimm-

*) Der geringe, den Muskeln mögliche Grad der Verkürzung hat es nöthig gemacht, dass die Muskeln des Menschen überall nicht weit vom Hypomochlion des Hebels inserirt seyn dürfen. Würden sie weit davon sich inseriren, so würde zwar Kraft erspart werden, aber die Grösse der Bewegungen würde wegen des geringen Grades der Verkürzung der Muskeln abnehmen und der Biceps würde nicht mehr das Anlegen des Vorderarms an den Oberarm bewirken können, was er bei der Insertion nahe am Hypomochlion bei geringer Verkürzung kann.

ritze bis zur Pars inter-arytenoidea für die möglichen Fälle in Betracht kommen kann, so habe ich bloss die Länge der Bänder von ihrer vordern Insertion bis zu ihrer hintern Insertion am Vocalfortsatz der Basis der Cartilago arytenoidea gemessen. Bei der veränderlichen Spannung dieser Bänder ist es nöthig, zur Vergleichung eine bestimmte Basis zu erhalten. Ich messe die Stimmbänder, ausser dem Zustand der Ruhe, im gespanntesten Zustande, also bei der grösstmöglichen Länge, welche sich ihnen durch Entfernung des Schildknorpels und der Cartilagines arytenoideae geben lässt. Im Allgemeinen sind die eigentlichen Stimmbänder bei den Weibern im Zustande der grössten Spannung um ein Drittel kürzer als die der Männer, doch kommen viele Variationen vor, welche in der folgenden Tabelle, in welcher die Messungen zusammengestellt sind, übersichtlich werden. Zu den Vergleichen der Männer und Weiber wurden nur die Kehlköpfe von Individuen genommen, die über die Jahre der Pubertätsentwicklung hinaus sind. Ein kleiner Theil der Fasern des Stimmbandes heftet sich etwas weiter rückwärts, als das Ende des Vocalfortsatzes, am obern Rande dieses Fortsatzes bis gegen die vordere Kante der Cartilagines arytenoideae hin an. Dieser Theil des Stimmbandes ist bei dem Messen mitgezählt worden.

Maximum der Spannung	Männer.						Weiber.			Knabe von 14 Jahr.
	21 Millm.	21	25	26	23	23	16	15	16	14,5
Ruhe .	18	16		21	19		12	12	14	10,5

Mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes in der Ruhe $18\frac{1}{4}$ Millim.

Mittlere Länge der Stimmbänder des Weibes in der Ruhe $12\frac{2}{3}$ Millim.

Mittlere Länge der Stimmbänder im Maximum der Spannung: beim Mann $23\frac{1}{6}$ Millim., beim Weibe $15\frac{2}{3}$ Millim.

Die Längen der Stimmbänder des Mannes und des Weibes verhalten sich daher sowohl in der Ruhe, als im Maximum der Spannung ohngefähr wie 3 zu 2. Die Länge, um welche die Stimmbänder aus ihrer gewöhnlichen Länge durch Spannung vergrößert werden können, beträgt aber beim Mann etwas weniger als 5 Millim., beim Weibe 3 Millim.

Messungen beider Zustände an den Kehlköpfen verstorbener Bassisten, Tenoristen, Altisten und Sopranisten, und auch der Castraten würde für die Physiologie von dem grössten Interesse seyn, müssten aber vergleichend mit Messungen an anderen Kehlköpfen angestellt werden, damit die Vergleichungspuncte dieselben bleiben. Denn wenn man z. B. die Stimmbänder vom vordern Anfang bis zu der vorspringenden Spitze des Vocalfortsatzes misst, so werden die Quantitäten immer etwas kleiner als die vorn angegebenen ausfallen.

XXII. Bei gleicher Spannung der Stimmbänder durch ein Gewicht lässt sich durch stärkeres Blasen der Ton bis fast zu einer

Quinte und mehr in die Höhe treiben; alle halben Töne folgen mit Leichtigkeit. Wurde z. B. von g in der ersten Bassoctave des Claviers ausgegangen, welches beim schwächsten Blasen als Grundton der Stimmbänder angegeben wurde, so liessen sich durch successives Verstärken des Anblasens g , gis , a , ais , h , $\bar{c}$, $\bar{cis}$ hervorbringen. Wurde nun die Spannung durch Gewichte so verstärkt, dass der Kehlkopf beim schwächsten Blasen die Octave von g oder $\bar{g}$ gab, so ging der Ton bei successivem stärkern Blasen in halben, ziemlich reinen Tönen in die Höhe bis zu $\bar{e}$. Bei einem andern Versuch ging der Ton von dis , beim stärkern Blasen successiv bis a in die Höhe. Diess Steigen ist auch von LISCOVIUS beobachtet worden; FERREIN hat es schon gekannt (*Mém. de l'acad. de Paris* 1741. 431.), aber zu geringe auf einen halben bis ganzen Ton angeschlagen. In diesem Puncte stimmt das Stimmorgan ganz mit einem künstlichen Kehlkopf mit membranösen Zungenblättern überein. Bei trockenen Blättern von Kautschuck lässt sich zwar, wie wir oben bereits bemerkten, durch Verstärkung des Anblasens der Grundton nur um einige halbe Töne steigern, aber bei elastischen nassen Zungenblättern, von demselben Gewebe wie die Stimmbänder, nämlich von der Carotis communis des Menschen, liess sich der Ton auch durch successives stärkeres Blasen von halben zu halben Tönen bis zu einer Quinte in die Höhe treiben. Hieraus geht hervor, dass man auf dem menschlichen Kehlkopf auf zweierlei Weise einen und denselben Ton x geben kann; einmal bei ruhigem schwachen Blasen, in diesem Fall müssen die Stimmbänder diejenige Länge und Spannung y haben, dass ihr Grundton der Ton x ist; zum andernmal, wenn die Stimmbänder bei der Länge und Spannung für einen tiefern Grundton innerhalb der nächst tiefern Octave durch starkes Anblasen bis zur Höhe des Tons x gestimmt werden. Beiderlei Töne sind an Klang sehr verschieden. Der mit ruhigem Blasen gebildete ist viel klangvoller als derselbe Ton, wenn er durch stärkeres Blasen bei geringerer primitiver Spannung gegeben wird, der letztere mit mehr oder weniger Anstrengung je nach der primitiven Spannung der Stimmbänder hervorgebracht, hat etwas Kreischendes, Schreiendes, und wird um so mehr klanglos, je weiter die primitive Spannung der Stimmbänder sich von der primitiven Spannung für den Grundton x entfernt. Ist das Maximum der Spannung erreicht, wobei die Stimmbänder den bei ruhigem Blasen höchsten möglichen Ton geben, so können durch stärkeres Anblasen noch einige schreiende, höhere Töne erzwungen werden. Die Erfahrung an uns selbst lehrt diess auch, und man sieht, wie weit man die Verhältnisse der Stimme des lebenden Körpers durch Versuche am Kehlkopf der Leiche erläutern und nachbilden kann.

XXIII. Wird die Luft bei einer bestimmten Spannung der Stimmbänder eingezogen, statt ausgestossen, so spricht der Ton in der Regel nicht an, zuweilen kam ein etwas tieferer, rasselnder Ton zum Vorschein. Vergl. oben das Bemerkte über die Kautschuckzungen p. 152.

XXXIV. Werden die Stimmbänder durch Berührung ihres äussern Theils gedämpft, so geben sie höhere Töne an, gerade so wie die Kautschuckbänder am künstlichen Kehlkopf.

XXXV. Die Länge des Anspruchsrohrs und Ansatzrohrs hat auf den Ton der Stimmbänder keinen solchen merklichen Einfluss, wie auf den Ton der Kautschuckzungen. MAGENDIE vermuthet, dass nach Analogie der Zungenpfeifen von GRENIÉ die Länge der Windlade am menschlichen Kehlkopf, oder die Länge der Luftröhre auf die Veränderung des Tons Einfluss haben könne. Die Versuche am künstlichen Kehlkopf mit Kautschuckbändern und die Versuche am Kehlkopf selbst stimmten in diesem Punkte nicht sonderlich überein, und die letzteren bestimmen mich der wenig veränderlichen Länge der Luftröhre allen Einfluss auf die Veränderung der Höhe der Töne abzusprechen.

Bei Verlängerung des Windrohrs durch verschiedene Stücke von kleinen zu grossen Dimensionen ist es mir unter möglichst gleichem Blasen für den Grundton einer bestimmten Spannung nicht möglich gewesen den Ton um ein merkliches zu vertiefen, was doch gewöhnlich bei Kautschuckzungen, ja sogar Arterienhautbändern leicht gelingt. In vielen Fällen schien die Verlängerung und Verkürzung des Windrohrs gar keinen Einfluss auf die Veränderung des Tons zu haben; in andern Fällen gelang durch Verlängerung des Windrohrs eine Vertiefung von einem halben, sehr selten von einem ganzen Ton bei gleich schwachem Blasen. Auch wenn bei bestimmter Länge des Windrohrs ein Ansatzrohr vor die unteren Stimmbänder gebracht wurde, war der Einfluss dieses eben so gering. Die letzteren Versuche sind viel schwerer als die mit Verlängerung des Windrohrs auszuführen, weil es schwer ist, ein Ansatzrohr vor den unteren Stimmbändern anzubinden, und weil sich, wenn diess auch angeht, den Stimmbändern jetzt schwer eine bestimmte Spannung geben lässt. Auf folgende Weise gelangt man zum Zweck: Man binde erst die hinteren Enden der Stimmbänder durch einen dicht an den Vocalfortsätzen der Cartilagines arytenoideae durchgezogenen Faden aneinander. Hierdurch wird der Anspruch gesichert. Die Fäden der Ligatur werden rückwärts über die häutig muskulöse Zwischenwand der Cartilagines arytenoideae herausgeleitet. Kehldeckel, Ligamenta ary-epiglottica, SANTORINI'sche Knorpel und die häutige Zwischenwand zwischen den Cartilagines arytenoideae müssen bei diesem Versuch zum Anbinden eines Ansatzrohrs von 6—8 Linien Durchmesser noch am Kehlkopf bleiben. Der obere Rand des Schildknorpels hingegen wird zur Erleichterung des Anbindens des Ansatzrohrs abgeschnitten. Auf das kurze Ansatzstück können nun neue Ansatzstücke von gleichem Caliber aufgesetzt werden. Der Kehlkopf wird dann fixirt, die Cartilagines arytenoideae von hinten durch eine Ligatur genähert und nun ertheilt man den Stimmbändern von der durch eine kleine Oeffnung ausgeleiteten Schnur, womit der hintere Theil der Stimmbänder zusammengebunden ist, eine bestimmte Tension. Beim Blasen wird die Oeffnung, wodurch die Schnur aus der Kehlkopfhöhle rückwärts abgeht, zugehalten. Bei diesen Versuchen

welche unter die allerschwierigsten gehören, habe ich mich auch von keinem erheblichen Einfluss der Länge des Ansatzrohrs auf den Ton der Stimmbänder überzeugen können, wie oft ich die Versuche auch wiederholt. Die mögliche Vertiefung betrug in einigen seltenen Fällen auch nur einen halben Ton, viel seltener gegen einen ganzen Ton, in den meisten Fällen entstand gar keine merkbare Veränderung.

Diess scheint ein Unterschied zwischen dem natürlichen und künstlichen Kehlkopf zu seyn, bei welchem letztern, sowohl wenn Kautschuckbänder als wenn nasse Arterienhautbänder angewandt wurden, die Vertiefung bei Verlängerung des Ansatzrohrs in den p. 161. erläuterten Grenzen auffallend war. Indessen ist dieser Unterschied nicht absolut, denn zuweilen, besonders bei schwierigem Anspruch, bei zu lose oder zu stark gespannten Bändern, gaben diese auch keine oder nur eine sehr unbedeutende Vertiefung des Tons bei Verlängerung des Ansatzrohrs oder Windrohrs. Siehe oben p. 159. Ich habe manche Versuche darüber angestellt, wovon dieser Unterschied abhängen kann. Die wahrscheinlichste Erklärung scheint mir diese zu seyn: Am Kehlkopf kommen hauptsächlich bei einiger Spannung nur die Schwingungen der Stimmbänder selbst in Betracht, indem die Membran, welche den Seitenumfang der Stimmbänder mit den Wänden des Kehlkopfs verbindet, nicht gespannt wird. Bei künstlichen Kehlköpfen mit Kautschuckbändern oder Arterienhautbändern kommt aber nicht bloss ihre Spannung in zwei Richtungen an ihrem Rand hin in Betracht, sondern auch der mehr schlaaffe Theil der Kautschuckplatten und Arterienhaut wirkt auf die Schwingungen des Randtheils ein, wie man an der leisen Dämpfung dieses Theils sieht. Vermöge dieser grössern Breite und des Zusammenhanges des gespannten und ungespannten Theils der continuirlich elastischen Membranen, sind diese auch zu viel mehr Modificationen von Schwingungen und Tönen bei den von der Länge des Ansatzrohrs und Windrohrs ausgehenden Bedingungen fähig, als bei den Stimmbändern, wo die primitiven Schwingungen hauptsächlich auf die Stimmbänder beschränkt sind.

Ich dachte, dass vielleicht die membranöse dehnbare Beschaffenheit des Windrohrs, die Luftröhre am Kehlkopfe auch Antheil an dem geringern Einfluss der Ansätze hätte. Diess hat sich jedoch nicht bestätigt, denn wenn ich der Luftröhre ein hölzernes Rohr substituirt, so erhielt ich keine grösseren Veränderungen des Tons durch die Ansätze. Vielleicht haben indess die Membranen zwischen den Knorpeln des Kehlkopfs, in sofern sie vom Wind ausgedehnt werden, doch einigen Antheil an jener Verschiedenheit vom künstlichen Kehlkopf, dessen Wände durchgängig fest sind.

Bei den Versuchen über den Einfluss der Ansätze auf den Ton der Stimmbänder am Kehlkopf selbst, schien mir zuweilen bei einer bestimmten Länge des Windrohrs der Ton weniger gut anzusprechen als bei anderen, wie solches auch bei den Kautschuckzungen bemerkt wurde. Es hängt davon ab, dass die Luftsäule sich nicht gut den Zungen accomodiren kann. WHEATSTONE

(MAYO *Outlines of physiology.*) hat bereits diesen Umstand bei anderen Zungenpfeifen hervorgehoben und BISHOPP legt viel Werth auf die gegenseitige Accomodation der Luftsäulen vor und hinter den Stimmbändern im lebenden Zustande. Dieser Einfluss ist indess bei meinen Versuchen sehr gering gewesen und mir nur einigemal unter vielen Fällen vorgekommen, daher ich dieser Accomodation, auf meine Erfahrungen gestützt, am menschlichen Stimmorgan nicht den Einfluss zuschreiben kann, den ihr BISHOPP zuschreibt. Im Gegentheil zeigt sich deutlich, dass man auf Verkürzung und Verlängerung der Luftröhre, auf Verlängerung und Verkürzung des Raumes vor den Stimmbändern durch Herabsteigen und Heraufsteigen des Kehlkopfs bei der Veränderung der Töne beim Menschen sehr wenig rechnen kann. Man kann nur höchstens so viel annehmen, dass die Verlängerung des Rohrs vor den unteren Stimmbändern durch Herabsteigen des Kehlkopfs und die Verkürzung durch Aufsteigen, im ersten Fall die Bildung der tiefen Töne *ceteris paribus*, die Bildung der höheren Töne im zweiten Fall erleichtere, was wenigstens durch den Erfolg an lebenden Menschen bestätigt wird.

XXVI. *Die zum Theil membranöse Beschaffenheit der Luftröhre als Windrohr wirkt nicht merklich modificirend auf den Ton der Stimmbänder, und die Luftröhre verhält sich zum Ansprechen so wie ein hölzernes Rohr von derselben Weite.* In dieser Hinsicht verhalten sich die Zungenpfeifen mit membranösen Zungen und theilweise membranösem Windrohr ganz anders, wie die membranösen Labialpfeifen mit schwingender Luftsäule, bei welchen nach SAVART'S Entdeckungen die Mitschwingung der membranösen Wände der Pfeife die Hauptschwingungen der Luftsäule bedeutend modificirt. Dieser Einfluss geht hier so weit, dass eine Labialpfeife aus dünner nasser Pappe den Ton um eine ganze Octave um den einer gleich langen Labialpfeife von festen Wänden erniedrigen kann. FRORIEP'S *Not.* 332. p. 21. Bei den sehr kurzen kubischen Pfeifen ist die Erniedrigung noch viel grösser und kann zwei ganze Octaven betragen. Siehe oben p. 141. Ich setzte ein Windrohr zu $7\frac{1}{2}$ Zoll Länge aus 3 Zoll Luftröhre des Menschen und $4\frac{1}{2}$ Zoll Holzlöhre zusammen. Der Ton einer Kautschuckzunge durch diess Rohr angeblasen, war derselbe als bei einem gleich langen festen Windrohr. Auch die Dämpfung des membranösen Theils der Luftröhre mit der Hand hatte keinen irgend merklichen Einfluss.

XXVII. *Das doppelte Ansatzrohr am menschlichen Stimmorgan nämlich, Mundrohr und Nasenrohr scheint in Hinsicht der Höhe des Tons nicht anders als ein einfaches Ansatzrohr zu wirken, verändert aber den Klang des Tons durch die Resonanz.* Ich habe diesen Einfluss an einem künstlichen Kehlkopf mit Kautschuckbände zu bestimmen gesucht, der in ein kurzes Ansatzrohr endigte, an welches eine gabelig getheilte Röhre angelegt werden konnte. Der Ton war in der Höhe derselbe als bei einfachem Ansatz von derselben Länge, aber klangvoller.

XXVIII. *Die Deckung der obern Kehlkopfhöhle durch Herabdrücken des Kehldeckels vertieft den Ton etwas und macht ihn zu-*

gleich dumpfer. Diess ist ganz der Deckung eines kurzen Ansatzrohrs am künstlichen Kehlkopf analog. Siehe oben p. 167. Wir bedienen uns offenbar auch dieses Mittels zur Erzielung bedeutender Tiefe. Diess scheint wenigstens der Zweck des Herab- und Zurückziehens der Zunge bei vorwärts gesenktem Kopfe bei erzwungenen tiefen Basstönen zu seyn.

XXIX. *Im Uebrigen scheint der Kehldeckel bei der Modification der Töne von keiner Bedeutung zu seyn.* Ich befestigte einen menschlichen Kehldeckel im Umfang eines Ansatzrohrs nahe vor der Kautschuckplatte eines künstlichen Kehlkopfs, ohngefähr so weit davon entfernt als er im natürlichen Kehlkopf von der Stimmritze entfernt ist. Der Ton war beim Anblasen des künstlichen Kehlkopfs kein anderer, als wenn der Kehldeckel aus dem Ansatzrohr herausgenommen war, doch musste der Kehldeckel frei mitschwingen können; war er so befestigt, dass er mehr verstopfend wirkte, so war auch die Folge wie beim Verstopfen auf andere Art. Der Orgelbauer GRENIÉ hat dem Hinaufgehen des Tons in den Zungenpfeifen mit metallischer Zunge bei stärkerm Blasen dadurch abzuhelpen gesucht, dass er ein schwingendes Blatt vor der Zunge anbrachte, und BIOT und MAGENDIE vermuthen, dass der Kehldeckel am Kehlkopfe eine ähnliche Function haben könne. Directe Versuche, die ich darüber anstellte, sind dieser Idee nicht günstig. Der Ton kann ceteris paribus bis zu einer Quinte successiv durch Blasen gesteigert werden, mag der Kehldeckel vorhanden seyn oder nicht.

Fühlt man mit dem Finger an sich bis zum obern Rande des Kehldeckels, so kann man bemerken, dass der Kehldeckel dieselbe Stellung behält, mag man den Ton mit der Fistel- oder Bruststimme singen.

XXX. *Die Gaumenbogen verengern und das Züpfchen verkürzt sich bei höheren Brusttönen, wie bei den Falsettönen, und bei demselben hohen Ton ist der Isthmus faucium gleich eng, mag der Ton ein Brustton oder Falsetton seyn.* Auch kann man in beiden Fällen die Gaumenbogen mit den Fingern berühren, ohne dass der Ton verändert wird. Man kann alles diess sehr gut erfahren beim Einbringen des Fingers von der Seite in den Mund bis in den Isthmus. Hieraus widerlegt sich die Ansicht von BENNATI, dass die Gaumenbogen am Falset Antheil haben oder es hervorbringen. Die einfache Thatsache der Verengung der Gaumenbogen bei höheren Tönen ist von FABRICIUS AB AQUAPENDENTE zuerst beobachtet, in neuerer Zeit von MAYER, BENNATI, DZONDI bemerkt.

XXXI. *Die Verengung des Anfangs des Ansatzrohrs oder der obern Kehlkopfhöhle dicht vor den unteren Stimmbändern kann nach der Theorie der Zungenpfeifen den Ton etwas erhöhen.* Indessen lässt sich diess durch Versuche nicht beweisen, da die Zusammendrückung der obern Kehlkopfhöhle am ausgeschnittenen Kehlkopf ohne einige Wirkung auf die Stimmbänder nicht gut möglich ist. Einfache Verengung hat keinen merklichen Einfluss.

XXXII. *Die MORGAGNI'schen Ventrikel haben offenbar bloss*

den Zweck die Stimmbänder von aussen frei zu machen, damit ihre Schwingungen ungehindert sind. Diess ist auch bereits von Mehreren, wie MALGAIGNE, CH. BELL u. A. angegeben. Der erstere vergleicht jene Ventrikel mit der Aushöhlung des Mundstücks der Trompete, welche die Lippen frei macht.

C. Allgemeine Folgerungen.

Aus den Versuchen am künstlichen Kehlkopf mit membranösen Zungen sowohl, als aus dem im Wesentlichen ganz übereinstimmenden Erfolg der vorerwähnten Versuche am Kehlkopf des Menschen selbst ergibt sich, dass das menschliche Stimmorgan ein Zungenwerk mit membranösen doppelten Zungen ist. Diess ist bereits die Ansicht mehrerer Physiker, wie BIOT, CAGNIARD LA TOUR, MUNCKE, theoretischer Musiker, wie GOTTFR. WEBER, und Physiologen, wie MAGENDIE, MALGAIGNE u. A. FERREIN hatte schon im Jahre 1741 (*Mém. de l'acad. d. sc.*) durch Versuche an Leichen über das Tönen der Stimmbänder, und ihre veränderte Stimmung je nach ihrer Länge und Spannung einen guten Grund zu dieser Theorie vorbereitet. Selbst SAVART (*MAGEND. J. d. Physiol.* 5.), welcher die Vergleichung des Stimmorgans mit einem Zungenwerk anfocht, gab zu, dass, wenn man Töne durch Blasen in die Luftröhre bei abgeschnittenem vordern Theil des Kehlkopfes bis auf die unteren Stimmbänder hervorbringe, diese Töne auf dieselbe Art hervorgebracht werden, wie die Töne der Zungen; er hielt zwar diese Töne den Tönen der menschlichen Stimme unähnlich, indess kann ich bei der von mir angewandten Methode keinen wesentlichen Unterschied des Klanges finden; ich erhalte Brusttöne und Falsettöne mit dem ganzen Klang dieser Register je nach den angegebenen Bedingungen, und was verschieden ist, mag durch das Ansatzrohr am Stimmorgan erzeugt werden. SAVART hielt für das eigentlich Tönende die Luft der Seitenventrikel des Kehlkopfes zwischen den oberen und unteren Stimmbändern, und verglich diesen Apparat mit den von ihm erläuterten Lockpfeifen der Jäger, oder kleinen Labialpfeifen mit tönender Luftsäule. Siehe oben p. 140. Indess ist der elastische Apparat der unteren Stimmbänder und die Organisation zu ihrer Spannung zu deutlich auf ein Zungenwerk berechnet, als dass man auf jenen Einwurf des um die Akustik so höchst verdienstvollen Physikers grossen Werth legen könnte; überdiess werden auch an Kehlköpfen, deren Seitenventrikel und vordere Stimmbänder man unversehrt lässt, die Töne eben so sehr durch die verschiedene Spannung der unteren Stimmbänder modificirt, als wenn jene Theile bis auf die unteren Stimmbänder weggenommen sind. Diejenigen Säugethiere (Wiederkäuer), denen die oberen Stimmbänder fehlen, schliessen ohnehin schon die Theorie von SAVART aus. Der ganze Apparat vor den unteren Stimmbändern mag wohl auf die Modification des Tons einigen Einfluss haben, wie das Ansatzrohr an dem Mundstück der Zungenwerke, besonders durch Verengerung der obern Kehlkopfhöhle, weniger der Länge des Ansatzrohrs, und am menschlichen Stimmorgan kann dieser vordere Theil des Kehlkopfes so modificirt werden, wie es an dem Ansatz-

rohr eines Zungenswerks nicht möglich ist auszuführen. Indessen bleibt die Hauptursache der Töne immer das Schwingen der unteren Stimmbänder selbst, und die Töne erfolgen auf diesen elastischen Membranen eben so einfach, wie auf dem Sphincter ani, bei welchem die Spannung des Schliessmuskels durch Muscular-contraction die Eigenelasticität der Stimmbänder ersetzt.

FECHNER (bei BIOT) macht den Einwurf, dass wenn das Stimmorgan eine Zungenpfeife wäre, während geöffneter Stimmritze gar kein Ton hervorgebracht werden könne; da nach der Theorie der Mundstücke dieser nur von abwechselnder Oeffnung und Schliessung der Stimmritze vermöge periodischer Unterbrechung des Luftstromes abhängen könnte; die Stimmbänder aber sehr wohl schwingen können, ohne die Stimmritze periodisch zu schliessen, und also die Erzeugung der Töne wirklich unabhängig von dieser Verschliessung sey. Indessen haben wir oben deutlich gezeigt, dass jene Theorie von der Erzeugung der Töne an den Zungen nicht so richtig ist, als man gewöhnlich annimmt; denn durch blosse, an zarten Zungen vorbeigeleitete Luftströme lassen sich eben solche Töne und von demselben Klang hervorbringen, als wenn die Zungen wie Klappen bewegt werden; überdiess giebt es eine Stellung der Zunge an einem Zungenwerk, sowohl bei metallischer als membranöser Zunge, wo die Zunge gar nicht mehr als Klappe sich bewegt, sondern frei vor der Mündung durch den starken Luftstrom schwingt, indem der Luftstrom so stark ist, dass die Zunge, ehe sie die Oeffnung schliessen kann, schon wieder abschwingt. Endlich lassen sich am künstlichen Kehlkopf mit Kautschuckbändern die Zungentöne oft noch bei ansehnlicher Spalte der Zungenlippen angeben. Siehe über die Theorie der Zungentöne p. 174.

Was die Vergleichung der Stimmbänder mit Saiten betrifft, (FERREIN), so hat diese allerdings etwas Richtiges, ist aber in anderen Puncten unrichtig. FERREIN'S Versuche, welche diese Aehnlichkeit zeigen, gehören unter die besten, die je gemacht worden sind. Er zeigte (*Mém. de l'acad. d. sc.* 1741.), dass die Stimmbänder nach Analogie der Saiten, die von der Luft angesprochen werden, tönen, und dass die Töne der Stimmbänder bei verschiedener Weite der Stimmritze durchaus nicht verändert werden. Die Hälfte der Stimmbänder gab ihm die Octave ihres Grundtons, der dritte Theil die Quinte. Endlich fand er, dass eine Veränderung der Länge der Bänder von 2—3 Linien zu allen Variationen der Höhe hinreiche (indem die Spannung hier ersetzt, was bei gleicher Spannung verschieden lange Saiten thun). Wurden gleich diese Versuche von BERTIN bestritten, so wurden sie von MONTAGNAT, RUNGE und NOLLET bestätigt. HALLER *Elem. physiol.* III. Lib. IX. §. 8. 9. 10. In der That zeigen die früher erwähnten, von mir angestellten Versuche am künstlichen Kehlkopf eine vollkommene Parallele. Die Hälfte einer Kautschuckzunge gab die Octave ihres Grundtons, und die Versuche mit mensurirter Spannung der Stimmbänder zeigen auch, dass diese Zungen ihre Schwingungen im Allgemeinen ziemlich wie die Saiten ändern. Ich kann Biot nicht beistimmen, wenn er

sagt: Was ist im Kehlkopf vorhanden, das einer schwingenden Saite ähnlich wäre, wo fände sich hinreichender Platz, um einer solchen Saite die für die tieferen Töne erforderliche Länge zu geben? Wie könnte man jemals Töne von einem Umfange, wie es bei Menschen stattfindet, daraus hervorlocken? Die einfachsten Grundsätze der Akustik widerlegen hinreichend diese seltsame Meinung. *Lehrbuch der Experimentalphysik*. 2. 143. Dieser Einwurf lässt sich leicht widerlegen. Jede membranöse Zunge schwingt nach den Gesetzen der Saiten, wie eine metallische Zunge nach den Gesetzen der Stäbe. Eine Saite würde bei jeder beliebigen Verkürzung noch tiefe Töne hervorbringen können, wenn sie bei der nöthigen Abspannung noch Elasticität genug hätte. Diesen Grad der Elasticität haben aber die elastischen Membranen und Kautschuckblätter bei grosser Abspannung noch, und wir haben gesehen, dass diese kurzen Bänder bei der Verkürzung im umgekehrten Verhältniss der Länge, wie die Saiten ihre Töne ändern. Kleine Kautschuckblätter geben sogar gespannt selbst durch Anstoss klare Töne von sich, obgleich sie nicht nachhaltig sind wie bei langen Saiten. Der continuirliche Anstoss der Luft beim Anblasen macht aber diese Töne nachhaltig, anhaltend; er macht eine durch den einfachen Anstoss als Saite schwingende Lamelle zur Zunge. In dieser Hinsicht stimmen also die Stimmbänder ganz mit den Saiten überein, und der einzige Unterschied liegt in dem ansprechenden Körper. Bis dahin ist die Vergleichung von FERREIN vollkommen richtig.

In einem andern Puncte weichen indess die Stimmbänder ganz von den Saiten ab, und dieser Unterschied ist gross genug, um diesen wie anderen membranösen Zungen eine eigene Stelle in den musikalischen Instrumenten zu sichern. Der stärkere Anstoss lässt eine Saite tiefer tönen; das stärkere Anblasen erhebt hingegen den Ton einer membranösen Zunge um einen, zwei und mehr halbe Töne, und wenn die elastischen membranösen Zungen nass sind (Stimmbänder und Bänder von Arterienhaut), sogar um viele halbe Töne. Die Metallzunge einer Kinderschalmey tönt immer höher bei stärkerm Blasen ohne Intervalle bis anderthalb Octaven, wie ich sehe, und wenn sich andere Metallzungen nicht so verhalten, so ist es bloss eine Folge ihrer Stärke im Verhältniss zum Luftstrom. Bei einer Zunge hängt also die Höhe des Tons von der Zunge und der stossenden Luft zugleich ab. Wird hingegen eine Saite einmal angestossen, so wirkt der Anstoss nicht weiter nach und modificirend auf die Schwingungen ein, und die Saite ist den Schwingungen allein überlassen, welche aus ihrer Länge und Spannung folgen. Siehe das Nähere oben p. 174.

Mehrere Physiologen, worunter DODART, LISCOVIUS, legen in die Weite oder Enge der Stimmritze und in die an dieser Stelle hervorgebrachten Luftschwingungen die wesentliche Ursache der Stimme. Obgleich DODART (*Mém. de l'acad. d. sc.* 1700.) den Einfluss der Spannung der Stimmbänder auf Veränderung des Tons wohl kannte, so erklärte er doch die Erzeugung der verschiedenen Töne zuletzt nur aus der Grösse der Oeffnung, indem

die verschieden gespannten Stimmbänder bei dem Durchgehen der Luft schwingend durch die Stimmritze eine verschiedene Oeffnung zulassen. Eine Veränderung der Stimmritze um $\frac{1}{54}$ eines Seidenfadens, oder $\frac{1}{384}$ eines Haars gebe schon einen andern Ton. Diess ist indess vollkommen unrichtig. Denn selbst eine auffallende Veränderung der Weite der Stimmritze hat, wenn nur die gleiche Spannung der Stimmbänder gesichert ist, keine Aenderung der Höhe des Tons zur Folge. Liscovius Ansicht (*Theorie der Stimme. Leipz. 1814.*) ist diese: die Stimmritze selbst und ihre verschiedene Weite sey es, worauf es bei Entstehung der Stimme und ihrer mannigfaltigen Höhe und Tiefe vorzüglich ankomme. Indem die Luft mit einiger Gewalt und Schnelligkeit durch diese enge Oeffnung hindurchdringt, werde sie dabei also zusammengedrückt und erschüttert, dass alle ihre kleinsten Theilchen hin und her bewegt werden. Etwas Aehnliches sehe man in allen anderen Fällen, wo die Luft durch irgend eine enge Oeffnung hindurchgetrieben werde. Je grösser nun die Oeffnung der Stimmritze sey, desto tiefer der Ton, weil dadurch grössere und folglich langsamere Luftwellen entstehen.

Liscovius Einwürfe gegen das Tönen der Bänder selbst sind diese: Nach ihm sollen die Stimmbänder bei tiefen Tönen angespannt, bei hohen erschlafft werden. Denn bei tiefen Tönen erweitere sich die Stimmritze und ihre Bänder weichen auseinander. Sobald aber eine Oeffnung bei unverletztem Zusammenhange erweitert werde, müssen nothwendig die Ränder der Oeffnung ausgedehnt werden. So sey keine Erweiterung der Stimmritze möglich ohne gleichzeitige Anspannung der Stimmbänder, und folglich seyen die Stimmbänder bei tiefen Tönen gespannt, bei hohen erschlafft. Diess ist offenbar ein Missverständniss. Giebt man den Stimmbändern eine bestimmte Spannung durch die früher beschriebene Vorrichtung, so lässt sich bei gleicher Spannung die Weite der Stimmritze ganz beliebig verändern. Die Stimmritze kann sonst bei gespannten und erschlafften Bändern sowohl weit als enge seyn. Dann bemerkt Liscovius, dass nur trockne Saiten elastisch seyen; die Stimmbänder aber seyen immer nass. Die Saite ist indess nur eine bestimmte Species der fadenförmigen, durch Spannung elastischen Körper. Diese Species verliert ihre Elasticität, wenn sie nass ist. Das elastische Gewebe im menschlichen Körper ist hingegen nur elastisch, wenn es nass ist, und verliert seine Elasticität, wenn es trocken ist. Diess sind singuläre Verschiedenheiten, welche die feststehenden Gesetze der fadenförmigen, durch Spannung elastischen Körper nicht verändern.

Der Einwurf, dass die Stimmbänder als Bänder unmöglich einen Umfang von Tönen und diese Tiefe haben könnten, ist schon oben erledigt. Man hat sich bei dem Vergleich der Stimmbänder mit Saiten pro und contra viel zu sehr an dieser Species von fadenförmigen, durch Spannung elastischen Körpern aufgehalten und ist dadurch auf Missverständnisse gekommen. Substituirt man den Darmsaiten mehr elastische Fäden von Kautschuck oder thierischem elastischen Gewebe, so fällt alles Zufällige, was uns gerade die Darmsaiten darbieten, weg.

LISCovius bemerkt, dass keine Saite von blosser Luft so sehr erschüttert werden könne, um starke Töne hervorzubringen. Kautschuckbänder und Bänder von nassem, thierischem, elastischem Gewebe geben, von dem feinen Luftstrom aus einem Röhrchen frei angeblasen, die stärksten Töne an.

Dass die Anspannung und Erschlaffung der Kehlbänder auf die Höhe und Tiefe des Tons weiter keinen Einfluss habe, als nur in sofern dadurch die Stimmritze erweitert oder verengert werde (LISCovius a. a. O. 30.), dem muss ich meine constante Erfahrung entgegensetzen, dass bei gleicher Weite der Stimmritze die Töne im Umfange von zwei Octaven durch blosse veränderte Spannung der Stimmbänder hervorgebracht werden.

Wenn LISCovius beim Einblasen in die Stimmritze das eine Stimmband stark anspannte und das andere zu gleicher Zeit sehr erschlaffte, so entstanden nicht zwei verschiedene Töne, sondern es war durchaus nur ein einziger Ton herauszubringen, dessen Höhe im Verhältniss stand mit der Weite der Oeffnung der Stimmritze. Die erste Beobachtung ist vollkommen richtig. Die Stimmbänder verhalten sich hierbei aber ganz wie gespannte Kautschuckbänder. Wir haben oben gezeigt, dass bei ungleicher Spannung gewöhnlich nur eines der Bänder tönt, das andere sich als Rahmen verhält. Selten sprechen aber wirklich zwei Töne an, der Grundton des einen und andern Kautschuckbandes, und ebenso verhält es sich mit den Stimmbändern.

Wenn LISCovius die Stimmbänder mit dem Finger berührte, doch ohne die Weite der Stimmritze dadurch zu verändern, so blieb dennoch der Ton ganz derselbe, da doch, wenn hier die Gesetze der Saiten stattfänden, der Ton dadurch hätte erhöht werden müssen. Meine Erfahrungen an Kautschuckbändern zeigen übereinstimmend mit meinen Beobachtungen an den Stimmbändern, dass eine Dämpfung der Stimmbänder durch Berührung in der That den Ton bedeutend modificirt, auch dann, wenn die Weite der Stimmritze gleichbleibt.

Durch blosse Verkleinerung der Stimmritze ohne veränderte Spannung der Stimmbänder werde der Ton höher, durch blosse Erweiterung der Stimmritze ohne veränderte Spannung der Stimmbänder werde der Ton tiefer; die Höhe des Tons hänge aber nicht von der Breite der Stimmritze allein, sondern von der gesammten Weite, d. h. von der Länge und Breite zugleich ab. Ich finde, dass die tiefen Töne noch bei sehr kurzer Stimmritze hervorgebracht werden können, sobald die Bänder nur ganz schlaff sind; mit der Verkürzung der Stimmritze von vorn nach hinten steigt zwar im Allgemeinen die Höhe des Tons, aber nur bei gleichbleibender Spannung. Die Breite der Stimmritze hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Tons, als nur, in sofern bei breiter Stimmritze kein gutes Anblasen von der Lufröhre aus möglich ist. Bei breiter Stimmritze spricht daher die Stimme nicht allein schlecht an und der Ton wird klanglos, sondern es kann auch bei breiterer Stimmritze nur der Grundton der Stimmbänder gegeben werden, und durch stärkeres Blasen lässt sich begreiflich der Ton nur wenig heben; dagegen bei enger

Stimmritze unter gleichbleibender Spannung nicht bloss der Grundton bei schwachem Blasen, sondern durch Verstärkung des Blasens auch alle halben Töne bis über die Quinte angegeben werden können.

Der Einfluss der Stärke des Blasens auf die Erhöhung des Tons ist von LISCOVIUS und LEHFELDT vollkommen richtig beobachtet. Jener sah schon, dass bei gleicher Weite der Stimmritze und gleicher Spannung der Bänder der Ton desto tiefer war, je schwächer das Einblasen, desto höher, je mehr dasselbe verstärkt wurde. So konnte LISCOVIUS den Ton durch blosse Verstärkung des Windes um eine ganze Quinte hinauftreiben, wobei er kreischend wurde, womit unsere Beobachtungen vollkommen übereinstimmen.

Ein Hauptpunct in der Theorie der Brust- und Falsettöne, dass beim Brustton die ganzen Bänder, beim Falsetton die Ränder schwingen und dass der Falsetton *ceteris paribus* höher ist, ist zuerst von LEHFELDT entdeckt, a. a. O. p. 51. 58. 59.

FERREIN, LISCOVIUS und LEHFELDT haben sich bisher die meisten Verdienste um die Theorie der Stimme erworben.

Die Lehren der Aelteren sind sehr gut zusammengestellt und aus eigener Anschauung beleuchtet in LEHFELDT *de vocis formatione diss. Berol.* 1835. Von den Lehren und Beobachtungen der Neueren findet sich eine sehr vollständige Zusammenstellung in HEUSINGER's Ausgabe von MAGENDIE's Physiologie.

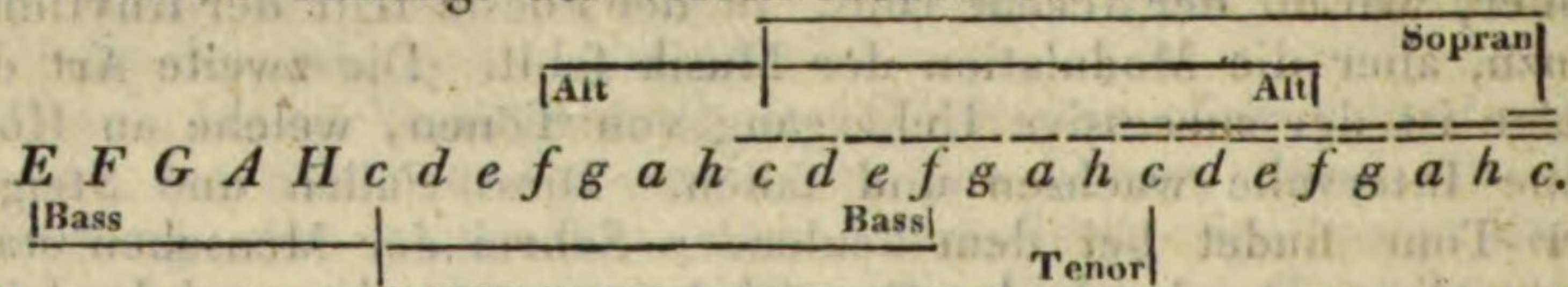
D. Vom Gesang.

Die Folge der auf dem Stimmorgan möglichen Töne ist eine dreifache. Die erste Art ist die monotone Folge. Hier behalten die folgenden Töne fast dieselbe Höhe. So ist es bei der Sprache, wo die Articulation im Munde zu dem Stimmtone hinzutritt und die Verschiedenheiten erzeugt, doch bleiben schon bei der Sprache die Töne selten auf ihrer Höhe (eine solche Aussprache ist die der Ausrufer), sondern sie betont einzelne Silben etwas höher, worauf der Accent ruht. In der Poesie tritt der Rhythmus hinzu, aber die Modulation der Musik fehlt. Die zweite Art der Folge ist der successive Uebergang von Tönen, welche an Höhe ohne Intervalle wachsen und fallen. Diess Fallen und Steigen der Töne findet bei dem heulenden Schrei der Menschen statt, wenn dieser Ausdruck der Gemüthsbewegungen ist, und begleitet namentlich das Weinen, bildet auch das Heulen und Winseln der Hunde. Beides ist ein successives Detoniren ohne Beobachtung der musikalischen Intervalle, wie sich dergleichen auch auf Instrumenten hervorbringen lässt und in der Natur oft entsteht. Der Wind heult, die Saite giebt ein heulendes Detoniren, wenn sie beim Tönen abgespannt und stärker gespannt wird; eine zweizöllige Labialpfeife giebt successiv und unmerklich an Höhe steigende Töne, wenn sie stärker angeblasen wird. Siehe oben p. 178. Eine membranöse Zunge zeigt dasselbe, und in diesem Fall befinden sich auch die Stimmbänder. Bei dem Geheul muss das Detoniren theils durch Wachsen und Abnehmen der Stärke des Anspruchs, theils durch successive Veränderung der Spannung der Stimmbänder entstehen. Die dritte Art der Tonfolge auf dem Stimmorgan ist die musikalische, wobei jeder Ton die erforderli-

che Zahl seiner Schwingungen behält und die folgenden Töne nur in den Zahlenverhältnissen oder Intervallen des musicalischen Systems der Töne angegeben werden. Sie hat mit der Poesie den Rhythmus gemein.

1. *Umfang.* Der Umfang der Stimme eines Individuums beträgt 1—2—3 Octaven, bei Sängern, d. h. zum Gesang tauglichen 2—3 Octaven. Aber die männlichen und weiblichen Stimmen fangen an verschiedenen Stellen der Tonleiter an und hören an verschiedenen Stellen der Tonleiter auf. Versteht man unter C das grosse C der achtfüssigen offenen oder vierfüßigen gedeckten Orgelpfeife, so beginnen die Männerstimmen bei E (Bass), oder A (Baryton), oder c (Tenor), und reichen bis a und weiter (Bass), oder bis $\bar{f}$ (Baryton), oder bis $\bar{c}$ (Tenor). Die Weiberstimme ist nur bei Viragines so tief als die Männerstimme. Die Weiberstimmen, Stimmen der Knaben und Castraten beginnen zwischen f (Alt) und $\bar{c}$ (Sopran), und reichen bis $\bar{f}$ (Alt), oder $\bar{a}$ (Mezzo Soprano), oder $\bar{c}$ (Sopran), im höchsten Fall bis $\bar{f}$. Der tiefste Ton der weiblichen Stimme liegt also ohngefähr um eine Octave höher als der tiefste Ton der männlichen Stimme; der höchste Ton der weiblichen Stimme ohngefähr eine Octave höher als der höchste Ton der männlichen Stimme. Die vier ersten Töne sind bei allen Stimmen in der Regel nicht kräftig. Der Umfang der männlichen und weiblichen Stimmen zusammen genommen, oder die ganze Tonleiter der menschlichen Stimme beträgt vier Octaven, vom grossen E des C der achtfüssigen offenen bis $\bar{e}$ des $\bar{c}$ der $\frac{1}{2}$ füssigen offenen Orgelpfeife.

Zur bequemern Vergleichung folgt hier eine Uebersicht der ganzen Tonleiter der menschlichen Stimme mit der Bezeichnung des mittlern Umfangs der verschiedenen Stimmen:



FISCHER, der Vater der später berühmt gewordenen Sänger, erreichte in der Tiefe F , die jüngste unter den Schwestern SESSI umfasste drei Octaven und drei Töne von c bis $\bar{f}$ (MUNCKE in GEHLER'S *physik. Wörterb.* VIII. 386.). Die ZELTER umfasste drei, die CATALANI $3\frac{1}{2}$ Octaven (RUDOLPHI, *Physiologie*).

Bei den tieferen Tönen steigt der Kehlkopf herab und das Ansatzrohr des Stimmorganes wird dadurch länger und zur Erzeugung tiefer Töne geschickter. Bei den höheren Tönen steigt der Kehlkopf hinauf und der Kehlraum wird kleiner; je höher man singt, um so enger rücken die Gaumenbogen zusammen und um so kürzer wird das Zäpfchen. Diess ist nicht der Fistelstimme eigen, sondern geschieht schon bei den höheren Brusttönen.

2. *Stimmarten der verschiedenen Menschen.* Der Hauptunterschied der weiblichen und männlichen Stimmen ist im Allgemei-

nen der der Höhe; aber sie unterscheiden sich auch im Klang, die männliche Stimme klingt härter. Nun giebt es aber noch besondere Unterschiede des Klanges, und zwar zwei Unterschiede des Klanges der männlichen und zwei Unterschiede des Klanges der weiblichen Stimme. Die Klangarten der männlichen Stimme sind der Bass und Tenor, die Klangarten der weiblichen Stimme und Knabenstimme der Alt und Sopran. Der Bassist singt zwar gemeiniglich tiefer als der Tenorist und hat seine Stärke in den tiefen Tönen, und dieser singt mit Brustton höher als der Bassist. Der Altist singt in der Regel tiefer als der Sopranist, und hat seine Stärke in den tiefen Tönen der weiblichen Stimme, und dieser singt höher; aber dieser Unterschied ist nicht der wesentliche. Denn auch Bassisten können mitunter sehr hoch singen und Altisten ebenso, so wie Sopranisten oft hoch gehen. Der wesentlichste Unterschied des Basses und Tenors liegt vielmehr in dem jeder dieser Stimmen eigenen Klang, Timbre, welcher beim Bassisten und Tenoristen verschieden ist, wenn sie auch denselben Ton singen, und ebenso ist es mit dem Verhältniss zwischen Alt und Sopran. Baryton bezeichnet hingegen mehr das Unentschiedene zwischen beiden Klangarten der Männerstimmen, Mezzo Sopran das Unentschiedene zwischen beiden Klangarten der Weiberstimmen. Sie haben auch mittlere Höhen in der Tonleiter der Männer- und Weiberstimme. Der Unterschied zwischen der Weiberstimme und Männerstimme beruht in der Hauptsache, was nämlich die Höhe der Töne betrifft, auf der verschiedenen Länge der Stimmbänder bei Männern und Frauen, die sich wie 3 zu 2 verhalten. Siehe oben p. 200. Der Unterschied beider Stimmen im Klang beruht auf der Beschaffenheit und Form der resonirenden Wände, welche beim männlichen Kehlkopf viel grösser sind und vorn im Schildknorpel einen starken Winkel bilden. Der verschiedene Klang des Tenors und Basses, und des Altes und Soprans hängt wahrscheinlich von noch nicht gekannten Eigenthümlichkeiten der Bänder und der membranösen und knorpeligen resonirenden Wände ab, die durch die Untersuchung der Kehlköpfe von entschiedenen Tenoristen, Bassisten, Sopranisten und Altisten aufgeklärt werden müssen. Man muss sich diesen Unterschied so vorstellen, wie bei musikalischen Instrumenten von verschiedenem Stoff, Metall- und Darmsaiten, metallischen, hölzernen und membranösen Zangen, bei Instrumenten mit tönender Luftsäule, mit metallenen, hölzernen, papiernen resonirenden Wänden. Diese Instrumente können auf denselben Ton gestimmt seyn und jedes giebt ihn mit eigenthümlichem Timbre. Der Kehlkopf der Knaben gleicht mehr dem der Weiber, seine Stimmbänder haben vor der Pubertätsentwicklung noch nicht $\frac{2}{3}$ der Länge, die sie durch diese erhalten. Der Winkel des Schildknorpels ist noch so wenig vorragend, wie beim Weibe. Die Stimme des Knaben ist Alt oder Sopran, nach der Formveränderung des Kehlkopfs in der Pubertätsentwicklung (im 14. — 15. Jahr) geht sie sogleich in Bass oder Tenor über. So lange diese Metamorphose dauert, ist die Stimme unrein, oft heiser und krähennd, und zum Gesang unfähig, bis die neu entstandenen Stimm-

arten geläufig und eingeübt sind. Bei den Castraten, die vor der Pubertätsentwicklung der Hoden beraubt worden, bleibt die Umwandlung der Stimme aus und sie behalten die weiblichen Stimmen. Von der Existenz des Keim bereitenden Geschlechtstheils und von der Bildung des Samens hängt diese, wie die ganze übrige männliche Entwicklung ab. Die Alt- und Sopranstimmen der Knaben und Castraten gleichen in Hinsicht der Höhe denen der Weiber, unterscheiden sich aber einigermassen im Klang und sind gellender. LISCOVIVUS bemerkt, dass die Castratenstimme auch noch von der Knabenstimme verschieden klinge, und leitet es davon ab, dass die resonirenden Wände der Mund- und Nasenhöhle so geräumig wie beim Mann werden, während doch das Stimmorgan auf dem Knabenzustande verharret. Sie sind indess beim Weibe auch geräumig, und die veränderte Festigkeit der Knorpel und Bänder mag wohl noch von grösserm Einfluss seyn.

3. *Stimmarten eines und desselben Menschen. Brust- und Falsetstimme.* Die meisten Menschen, besonders die Männer, sind ausserdem, dass ihre Stimme mehr oder weniger zu einer der erwähnten Stimmarten gehört, wenn sie nicht zum Gesang ganz untauglich ist, auch noch fähig, den Klang ihrer Stimme nach einem doppelten Register von Tönen zu modificiren. Es ist das Register der Bruststimme und Falsetstimme. Die Bruststimme ist voller und erregt ein deutliches Gefühl viel stärkerer Schwingung und Resonanz, als die Falsetstimme, Fistelstimme, Kopfstimme, welche mehr summend ist. Die tieferen Töne der männlichen Stimme sind nur mit der Bruststimme möglich, die höchsten nur mit der Fistelstimme, die mittleren kann man sowohl mit der Brust- als Falsetstimme angeben; beide Register grenzen daher nicht aneinander, so dass das eine anfängt, wo das andere aufhörte, sondern laufen zum Theil nebeneinander her. Der Tenorist fängt in der Regel schon am $\bar{a}$ an in die Fistelstimme überzugehen, während darunter liegende Töne mit beiden Stimmen angegeben werden können; der Bassist schon früher. Bei den Frauen giebt es selten einen hinreichend deutlichen Unterschied zwischen Bruststimme und Falsetstimme.

Die Brusttöne werden, wie LEHFELDT zuerst entdeckte, mit stärkerm Anspruch gegeben bei ganz schwingenden abgespannten Stimmbändern, die Fisteltöne mit schwachem Anspruch bei bloss schwingenden Rändern der mehr gespannten Stimmbänder. Bei mässiger bestimmter Abspannung sind beide Töne am ausgeschnittenen Kehlkopf möglich, der Brustton ist immer um mehrere Töne tiefer, als der Falsetton bei gleichbleibender Spannung der Stimmbänder, und ist um so tiefer als der Falsetton, je schwächer der Anspruch zum Brustton ist, oder je stärker der Anspruch zum Falsetton ist, dieser Unterschied kann eine ganze Octave betragen. Die Brusttöne wachsen an Tiefe durch stärkere Abspannung der Stimmbänder, an Höhe durch das Gegentheil, und bei gleicher Abspannung der Stimmbänder an Höhe theils durch stärkern Anspruch, theils durch Zusammendrücken des untern Zuganges der Stimmritze. Siehe oben p. 197. Die Falsettöne wachsen an Höhe durch stärkern Anspruch, theils

durch stärkere Spannung der Stimmbänder. Bei einiger Spannung der letztern sind keine Brusttöne mehr möglich. Da der Brustton am ausgeschnittenen Kehlkopf bei bestimmter Abspannung der Stimmbänder, unter möglichst gleicher Stärke des Blasens schon viel tiefer als der Falsetton, und ihm nur durch Zusammendrücken des *Aditus glottidis inferior* oder stärkeres Blasen sich nähert, so erklärt sich daraus, warum es an der Grenze der Brusttöne beim Vertausch des Brustregisters mit dem Falsetregister oft schwer ist, den richtigen Falsetton zu treffen.

Da die Brust- und Falsettöne am ausgeschnittenen Kehlkopf, ohne Gaumenbogen, ohne MORGAGNI'sche Ventrikel, ohne obere Stimmbänder möglich sind, so sind alle diese Theile bei der Erklärung beider Stimmarten auszuschliessen. Die Gaumenbogen nähern sich zwar immer mehr, je höher man in der Fistelstimme singt, aber sie nähern sich schon sehr bedeutend bei den höheren Brusttönen, und die Annäherung ist eben so gross als beim entsprechenden Fistelton. Man kann es am besten mit dem Finger fühlen. Nur die Töne beim Räuspern und Schnarchen sind wahre Töne der Gaumenbogen und des Gaumensegels. Wären die Gaumenbogen die Ursache der Fisteltöne, so würde ihre Berührung mit dem Finger den Ton aufheben, was nicht geschieht. Die Annäherung der Gaumenbogen und das Zurückziehen des Zäpfchens bei den höheren Tönen scheint eine blosser Mitbewegung zu seyn, veranlasst durch die Anstrengungen der Muskeln des Kehlkopfs, wie oft ein Muskel unwillkührlich mitbewegt wird, wenn sich ein anderer willkührlich bewegt. Siehe oben p. 85. Sollten die Gaumenbogen bei den höheren Brusttönen und bei den Fisteltönen irgend eine Bedeutung haben, so könnte es nur etwa die seyn, durch ihre Anspannung die Resonanz zu verstärken. Man kann die Falsettöne in sofern als Flageolettöne der Brusttöne betrachten, als zwar nicht aliquote Theile der Länge der Stimmbänder, aber aliquote Theile der Breite der Stimmbänder dabei schwingen, während die anderen bloss von der Luft ausgedehnt werden. Bei den Brusttönen schwingen die Stimmbänder nicht länger, aber in ganzer Breite unter Mitschwingung der Membran des *Aditus glottidis inferior*.

4. *Besondere Klangarten der Stimme. Nasenstimme.* Hieher ist der jedem Menschen eigene besondere Klang der Stimme zu rechnen. Er hängt offenbar von der Form der Luftwege und den Membranen und ihrer Resonanz ab, da dieser besondere Klang sich nachahmen lässt. Manche Menschen können die Stimmen der verschiedensten Individuen nachahmen. Hieher ist auch das Näseln der Stimme zu rechnen. Bior erklärt es so. Bei der gewöhnlichen Erzeugung der Stimme lege sich das Gaumensegel an die hintere Oeffnung der Nasenhöhlen an und verschliesse sie, so dass die Luft nur zum Munde heraustreten kann. Wenn die Luft dagegen zu Mund und Nase zugleich heraustrete, so entstehe das durch die Nase sprechen. Ich kann diese Erklärung des berühmten Physikers nicht theilen. Denn gerade bei der gewöhnlichen Erzeugung der Stimme sind die hinteren Nasenhöhlen offen und die Stimme ertönt durch das Mundrohr und Nasenrohr zu-

gleich. Wenn man mit dem Nasenton die Stimme geben will, so kann es auf zweierlei Weise geschehen. Wenn man die äusseren Nasenlöcher schliesst, so kann man sowohl die gewöhnliche Stimme als die Nasenstimme geben, ersteres, wenn die Gaumenbogen offen sind, letzteres, wenn sie sich schon einander nähern; in diesem Fall steigt der Kehlkopf zugleich viel höher hinauf, als er bei demselben Ton bei gewöhnlicher Stimme steht. Verstopfung der Nase durch Schleim wirkt so, wie das Zuhalten der Nasenlöcher, aber diese Verstopfung und das Zuhalten allein sind nicht im Stande den Nasenton allein hervorzubringen. Bei dieser Nasenstimme wird die Nasenhöhle zu einer abgesonderten resonierenden Kammer. 2. Man kann auch bei offener äusserer Nase und bei offenem oder geschlossenem Munde die Nasenresonanz der Stimme des Kehlkopfs bewirken. In diesem Fall rückt der Kehlkopf auch bedeutend in die Höhe, die Gaumenbogen verengern sich, der Zungenrücken ist dem Gaumen genähert oder liegt ihm an, die Luft geht allein zwischen den verengerten Gaumenbogen durch und erhält die Resonanz der Nasenhöhle ohne die der Mundhöhle. Die Stimme der Alten verliert an Klang, Sicherheit und Umfang. Der Klang wird verändert durch die Ossification der Kehlkopfknorpel, durch die Veränderungen der Stimmbänder; die Sicherheit durch Abnahme des Imperiums der Nerven über die Muskeln, dessen Folge hier, wie an anderen Orten, eine zitternde Bewegung ist. Durch beides wird die Stimme der Alten klanglos, unsicher, meckernd und schwach.

5. *Stärke der Stimme.* Die Stärke der Stimme hängt theils von der schwingungsfähigen Beschaffenheit der Stimmbänder, theils von der Fähigkeit zur Resonanz der Membranen und Knorpel des Kehlkopfs, der Brustwände, Lungen, der Mund- und Nasenhöhle und der Nebenhöhlen der Nase ab. Die erstere wird vermindert oder aufgehoben durch Entzündung der Kehlkopfschleimhaut und Eiterung, durch profuse Schleimabsonderung, durch Oedema glottidis u. a. Die Resonanz der Lungenmembran wird vermindert und daher die Stimme schwächer bei der Consumption der Lungen; von der grössern Capacität der Brust des Mannes ist auch zum Theil die grössere Stärke seiner Stimme abzuleiten. Bei mehreren Gattungen der Affen giebt es noch accessorische resonirende Membranen, Kehlsäcke, oder gar weitere höhlenartige Auftreibungen des Schildknorpels und Zungenbeins, wie bei den Heulaffen Mycetes.

6. *Wachsen und Abnehmen der Töne an Stärke.* Aus den Beobachtungen von LISCОВIUS, LEHFELDT und meinen eigenen ergiebt sich, dass die Töne des Kehlkopfs ceteris paribus bei stärkerem Blasen an Höhe zunehmen. Die Brusttöne steigern sich und die Falsettöne ebenfalls. Ich stellte diese Versuche bei bestimmter, durch Gewichte gemessener Spannung an, und fand, dass die Erhebung des Tons durch alle Nüancen zwischen den halben Tönen geschehen kann, so dass die Erscheinung nicht auf Entstehung von Schwingungsknoten beruht, die man auch sehen müsste, da die Schwingungen der Bänder so deutlich sind. Die mögliche Erhöhung beträgt nach den Versuchen über eine Quinte.

Siehe oben p. 201. Hieraus geht hervor, dass sich ein Ton des Stimmorgans durch blosses stärkeres Blasen nicht verstärken lässt, und dass, wenn ein Ton seinen musikalischen Werth behalten soll, die Stärke des Blasens ganz gleichförmig seyn muss. Diese Eigenschaft hat das Stimmorgan mit mehreren musikalischen Instrumenten gemein. Die Töne der Labialpfeifen sind ohne bestimmte Grenzen, bei stärkerem Blasen erhebt sich der Ton in der gedeckten Pfeife in den Zahlen 1, 3, 5 u. s. w., in der offenen in den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, u. s. w. In kleinen Pfeifen von 2 Zoll Länge und weniger geht die Erhöhung sogar, wie ich zeigte, successiv durch das Intervall von 1 und 2 durch, und die Erhöhung ist bei successiver Verstärkung des Blasens heulend. Siehe oben p. 178. Die Zungentöne lassen sich durch Verstärkung des Blasens um mehrere Töne successive heben. Diese Erhöhung ist bei starken metallischen Zungen nur unmerklich und wurde von mir nur bei sehr starkem Blasen und dünnen Zungen beobachtet. Bläst man schwach starke metallischen Zungen an, so ist der Ton auch ein wenig höher als bei starkem Blasen, wie der einer schwach angeschlagenen Saite, wie W. WEBER zeigte. Diess rührt wahrscheinlich davon her, dass beim schwachen Blasen das Ende der Zunge, nahe der Befestigung, nicht schwingt, beim starkem Blasen aber schwingt; diese Erhöhung muss wohl von der von mir, namentlich an den membranösen Zungen und an der Kinderschalmey beobachteten unterschieden werden. Durch die Ungleichförmigkeit der Töne bei verschiedener Stärke des Blasens sind die Labialpfeifen unvollkommene Instrumente, indem auf ihnen kein Forte und Piano, kein Schwellen und Schwächen der Töne möglich ist. Das umfangreichste Instrument, die Orgel, ist in dieser Hinsicht sehr unvollkommen. Die Zungenpfeifen leiden an diesem Fehler wenig, der Ton der Zungenpfeifen mit starker metallener Zunge lässt sich schwellen, ohne dass die kleine Erhöhung bei schwachem Blasen für ein nicht feines Ohr merkbar ist. Indess wird sie doch störend. W. WEBER hat die Entdeckung gemacht, wie diesem Fehler abzuhelpen ist, wenn die Zunge im Verhältniss mit einer zu ihrem Grundton richtig mensurirten Länge der Ansatzröhre steht; die Luftsäule der Zungenpfeifen erhöht ihren Ton bei stärkerem Blasen, die starke metallene Zunge vertieft ihn. Beide entgegengesetzte Wirkungen vereint compensiren sich, und liefern in der von W. WEBER construirten Zungenpfeife ein Blasinstrument, auf dem man denselben Ton beliebig schwellen und schwächen kann, ohne dass er seinen musikalischen Werth verändert. Ein System solcher Pfeifen liefert eines der vollkommensten musikalischen Werkzeuge. Auf die Zungenpfeifen mit membranöser Zunge ist diess Princip nicht anwendbar, da ihre Töne wie die der Kinderschalmey mit sehr dünner Metallzunge bei stärkerem Blasen sich erhöhen. Daher darf man eine ähnliche Einrichtung an dem menschlichen Stimmorgan nicht erwarten. Die Compensation durch die Länge des Ansatzrohrs würde ohnehin für verschiedene Töne eine sehr verschiedene Länge des Ansatzrohrs erfordern; diess Rohr kann sich am menschlichen Stimm-

organ nur wenig, höchstens durch Sinken und Erheben des Kehlkopfs um einen Zoll verändern. Da die menschliche Stimme das Vermögen der Anschwellung und Schwächung eines und desselben Tones vom leisen Piano bis zum Fortissimo hat, so muss die Compensation auf eine andere Art erreicht seyn. Diese Compensation wird offenbar durch die Veränderung der Spannung der Stimmbänder bewirkt. Das stärkere Blasen erhöht den Ton, indem es ihn stärker macht, bis zu einer Quinte, durch Abnahme der Spannung lässt sich dagegen der Ton successive durch alle Nüancen bis zu zwei Octaven an guten Kehlköpfen erniedrigen. Wird ein Ton vom Piano aus verstärkt, so muss also in dem Maass die Spannung der Stimmbänder durch Nachlass der Muskelwirkung abnehmen, als das Blasen stärker wird. Beim Schwächen des Tons geschieht das Entgegengesetzte. Die Analogie der Zungenpfeifen mit membranösen Zungen und die über die Brusttöne angestellten Versuche p. 197. zeigen auch, dass die Verengung des untern Zugangs zur Stimmritze durch den Musc. thyreo-arytenoideus, zur Compensation beim Uebergang zum Piano beitragen kann, ich zweifle, dass die Verlängerung der Ansatzröhre durch Herabsteigen des Kehlkopfes beim Uebergang zum Forte zur Compensation mitwirken könne. Wird zwar der Ton durch schwaches Blasen für das Piano tiefer, so wird er durch Verengung des untern Zugangs zur Stimmritze höher, und wird er durch stärkeres Blasen für das Forte höher, so wird er durch Erweiterung des Zuganges wohl tiefer. Die Verkürzung des Ansatzrohrs durch Aufsteigen des Kehlkopfes kann schwerlich zur Compensation beim Uebergang zum Piano dienen.

Eine solche Art der Compensation erfordert ein genaues Abwiegen der gegenseitigen Wirkungen, und es erklärt sich daraus hinreichend, warum das Schwellen und Schwächen der Töne, ohne ihren musikalischen Werth zu ändern, selbst für geübte Sänger so schwer, und für ungeübte ohne Detonation auf die eine odere andere Art ganz unmöglich ist.

7. *Reinheit der Töne.* Das Detoniren der Stimme nach langen Singen erklärt sich zum Theil leicht aus den kleinen Veränderungen der Stimmbänder in Folge der wiederholten Spannungen und noch mehr aus der Ermüdung der Muskeln, welche dem Willen zuletzt nicht mehr vollständig gehorchen und unangemessene Bewegungen ausführen. Sonst hängt das Detoniren theils von schlechtem Gehör, theils von der Schwierigkeit ab, die gleichschwebende Temperatur unserer musikalischen Tonleiter zu beobachten. An musikalischen Instrumenten ist die Temperatur meist durch die Stimmung gesichert, der Sänger muss sie beständig erzielen.

Der Mensch wie die Singvögel lernen bei dem Aufwachsen unbewusst die für jeden Ton nöthigen inneren Veränderungen des Stimmorgans, die nöthigen Muskelwirkungen kennen. Zufällig hervorgestossene Töne und ihre dabei stattgefundenen Muskelwirkungen associiren sich und sind später bereit, sich wechselseitig hervorzurufen, wenn eine Melodie nachgeahmt werden muss. Beim methodischen Lernen des Ge-

sanges kömmt zu den Associationen der gehörten Töne und der dazu nöthigen Muskelbewegungen noch die ihrer Zeichen mit beiden ersten hinzu. Zu allem diesem und um jedem Ton einen reinen Werth zu geben, ist ein gutes Gehör nöthig, ohne welches es zwar eine schöne und umfangreiche Stimme, aber keine gute Anwendung davon oder Gcsang geben kann.

Wir nehmen von der Stimme des Menschen Abschied mit einer Bemerkung über die kunstvolle Einrichtung ihres Werkzeuges. Kein musikalisches Werkzeug ist ihm ganz zu vergleichen; denn auch die umfangreichsten Orgeln und Claviere sind in anderer Hinsicht unvollkommen. Einige dieser Werkzeuge sind des Steigens vom Piano zum Forte nicht fähig, wie die Labialpfeifen, die Töne anderer lassen sich nicht anhalten, wie aller, die durch Anschlagen gespielt werden. Die Orgel besitzt zwei Register, der Labial- und Zungenpfeifen, und gleicht darin der menschlichen Stimme mit ihren Registern der Brust- und Falsetstimme, aber keines dieser Instrumente vereinigt alle Vortheile wie das menschliche Stimmorgan. Gehört zwar das Stimmorgan zu den Zungenwerken, und sind diese, wenn sie zu einem System von compensirten Pfeifen vereinigt sind (nebst der Geige), die vollkommensten von allen übrigen, so hat doch wieder das Zungenwerk des menschlichen Stimmorgans die Vollendung, dass sich auf einer Zungenpfeife der Umfang der ganzen Tonleiter und alle beliebigen Variationen angeben lassen, während an dem vollkommensten künstlichen Zungenwerk jeder Ton seine besondere Pfeife haben muss. Eine künstliche Nachbildung dieses Organs würde zwar einigermaßen erzielt werden können durch Einrichtung einer Zungenpfeife mit einem nicht zu schwer zu handhabenden Apparat zur beliebigen Spannung von elastischen Zungenbändern, aber die Töne eines solchen Werkes, zu dem für die Dauer nur trockne elastische Bänder benutzt werden könnten, würde nicht die weichen klangvollen Töne des nassen, thierischen, elastischen Gewebes nachbilden können, und immer an einer grossen Schwierigkeit der Handhabung leiden.

II. Von den Mundtönen des Menschen.

Auch im Munde allein kann eine grosse Anzahl von Tönen angegeben werden. Von den im Munde möglichen Geräuscharten sehen wir hier ab, davon wird bei der Sprache gehandelt; es handelt sich hier um blosse Töne. Sowohl im vordern als hintern Theile der Mundhöhle sind Töne nach Art der Zungenpfeifentöne möglich, aber ausserdem lässt sich auch im Munde ein Register von Tönen bilden, wobei die Luft den Ton angiebt.

1. *Mundtöne durch schwingende Membranen.* Hieher gehören die schnarrenden Töne am Gaumensegel und an den Lippen.

a. Am Gaumensegel. Die wahren Gaumensegeltöne sind die beim Schnarchen und Räuspern entstehenden Laute, in beiden Fällen werden die Gaumenbogen als membranöse Zungenblätter durch den Luftstrom in Bewegung gesetzt. Die Töne erfolgen um so leichter, je mehr diese Bogen zusammengezogen sind, und sind sowohl bei offenem Mund und verschlossener Nase, als umgekehrt

möglich. Auch die Zunge lässt sich, wie bei der Bildung des R an den Gaumen gelegt, auf diese Art in Vibration setzen, aber es kommt nicht zur Bildung eines Tons, sondern nur des Geräusches, weil die Schwingungen zu langsam erfolgen.

b. An den Lippen. Beim Durchpressen der Luft zwischen den Lippen entstehen durch die deutlich schwingenden ganzen Lippen oder ihren schwingenden Rand Töne, deren Höhe mit der Tension der Lippen zunimmt. Setze ich ein Ansatzrohr vor den Mund und verlängere es, so wird der Lippenton auf ähnliche Art wie bei den Kautschuckzungen in der Höhe verändert. Von derselben Art sind die Töne, die durch Blasen zwischen 2 aneinander gelegten Fingern erregt werden.

2. Mundtöne durch Tönen der Luft.

Hieher gehört das Mundpfeifen oder Pfeifen auf den Lippen. Siehe MUNCKE in GEHLER'S *physikal. Wörterb.* VIII p. 383. CAGNIARD LA TOUR in MAGENDIE *J. de physiol.* X. Man hat das Mundpfeifen aus der Schwingung der Lippen abgeleitet, man kann sich aber leicht überzeugen, dass sie sich dabei ganz ruhig verhalten, man kann sie berühren, bedecken, ja sogar wie CAGNIARD LA TOUR gezeigt, eine Korkscheibe, die in der Mitte durchlöchert ist, zwischen die Lippen nehmen und noch dieselben Töne hervorbringen. Ich erhalte noch einen tiefen Ton, wenn ich zwischen die Lippen eine Scheibe von Elfenbein nehme, die in der Mitte eine runde Oeffnung von 4 Linien Durchmesser hat, beim Einziehen der Luft. Mir scheint die Theorie von CAGNIARD LA TOUR vollkommen richtig. Das Tönende ist die Luft, welche sich an den Wänden des Durchganges reibt. Beim Reiben der Körper entstehen Töne, wenn die Reibung intermittirend wird. Hieher gehören die Töne die man erhält, wenn man mit dem Finger eine glatte Fläche, z. B. den Rand eines Glases reibt, wenn man einen mit Tuch überzogenen Stab in einem gläsernen Cylinder dreht u. s. w. Die Luft bringt durch Reibung einen Ton hervor, wenn sie durch eine enge Spalte eines harten Körpers durchgeht, wo die Ränder des harten Körpers nicht als Lippen eines Zungenwerks betrachtet werden können. Auf welche Weise hier die Intermission der Reibung geschieht, ist noch nicht hinreichend erklärt, aber das Factum ist unzweifelhaft. Beim Reiben des Glases entsteht der Ton offenbar wie beim Streichen mit dem Fidelbogen durch periodische Unterbrechungen der Reibung vermöge Adhäsion des Fingers, ebenso wie durch einen auf den Tisch aufgestellten und vorwärts bewegten Finger die Bewegung periodisch unterbrochen wird. Dass aber die Bewegung der Luft beim Vorbeiströmen an den Rändern einer Spalte durch Reibung periodisch aufgehalten werde, lässt sich mehr vermuthen als beweisen. Dass die Luft am Wasser adhäriren könne, ist offenbar aus den gekräuselten Wellen, welche der Wind auf der Oberfläche des Wassers erregt. WEBER *Wellenlehre* p. 33.

CAGNIARD LA TOUR scheint mir die Mundhöhle nicht genug bei Erklärung des Mundpfeifens zu beachten. Er sucht die Analogie mit einer Labialpfeife zu widerlegen, mir scheint jedoch diese Analogie sehr gross. SAVART hat gezeigt, dass sich auf dem

Mundstück einer Labialpfeife noch Töne hervorbringen lassen, so dass genau genommen auch an den Labialpfeifen der Ton am Mundstück oder Labium der Pfeife erregt und die Luft zur Schwingung gebracht, durch die Luftsäule der Pfeife aber die Schwingung verändert wird. Beim Mundpfeifen scheint es ganz ähnlich, die Ursache der Schwingung liegt in der Embouchure der Lippen oder der Korkscheiben, und ist eine intermittirende Reibung, aber diese Schwingung setzt die Luftsäule der Mundhöhle in Schwingung und wird von der Zahl ihrer Schwingungen selbst wieder bestimmt. Der Anspruch unterscheidet sich von dem einer Labialpfeife auch darin, dass hier die Luft durch das Rohr und durch die Embouchure zugleich in fortschreitender strömender Bewegung begriffen ist, während die Luft bei einer Labialpfeife ausser den stehenden Schwingungen nicht strömt.

Mit dieser Erklärung stimmen die Thatfachen der Erfahrung über die Veränderung der Töne des Mundpfeifens vollkommen überein. Die Töne des Mundpfeifens werden nämlich verändert:

1. *Durch stärkeres Blasen bei gleicher Oeffnung und Lage der Zunge.* Diess verhält sich gerade so wie bei kleinen Labialpfeifen von 2 Zoll und weniger Länge, deren Ton, wie ich p. 178. zeigte, sich ohne Beobachtung der Intervalle sehr bedeutend in die Höhe treiben lässt.

2. *Durch Veränderung der Oeffnung des Anspruchs oder der Lippenöffnung.* Diese Veränderung gleicht derjenigen, welche sich durch grössere oder kleinere Oeffnung der Embouchure der Labialpfeifen erzielen lässt. Siehe oben p. 139.

3. *Durch Veränderung des Rohrs oder der Mundhöhle.* Die Töne des Mundpfeifens werden tiefer beim Zurückziehen der Zungenspitze, höher beim Vorschieben der Zungenspitze. Diese Veränderung gleicht derjenigen, welche sich durch Veränderung der Länge und Weite des Rohrs der Labialpfeifen bewirken lässt. Auch laufen diese Veränderungen mit denen bei der Maultrommel parallel. Beim Mundpfeifen entstehen die Schwingungen durch Reibung der Luft beim Durchgang durch die Lippenöffnung, bei der Maultrommel durch Anschlagen des Blättchens oder Züngelchens der Maultrommel, oder durch Einziehen der Luft; sowohl beim Mundpfeifen als bei der Maultrommel ist der gebildete Ton je nach der Gestalt der Mundhöhle und Lage der Zunge ceteris paribus verschieden.

III. Von der Stimme der Säugethiere und Amphibien.

A. Säugethiere.

Die Ursachen der Stimme bei den Säugethieren sind im Wesentlichen ganz dieselben wie bei dem Menschen. Alles vorher Erwähnte ist darauf anwendbar. Der Ton wird von den untern Stimmbändern angegeben. Kennt man einmal die Ursache der tiefen und starken Töne durch die erschlafften unteren Stimmbänder des Menschen, so wird man es nicht auffallend finden, dass diese Bänder die tiefen Töne des Rindes u. a. angeben; man sieht in der That die Schwingungen dieser Bänder beim Versuch mit dem Kehlkopf des Rindes, und der Ton ist tief und stark.

bei Erschlaffung der Bänder. Die oberen Stimmbänder mit den MORGAGNI'schen Ventrikeln fehlen den Wiederkäuern, und man sieht hier abermals, dass sie zur Erzeugung der tiefen Töne nicht nöthig sind. Vergl. LEHFELDT's Versuche am Kehlkopfe verschiedener Säugethiere a. a. O. Die Einhufer haben ein oberes Stimmband, beim Pferde bildet die Schleimhaut unter dem Kehldeckel auch eine halbmondförmige Falte, die von einem zum andern Stimmbande geht; beim Esel und Maulthier fehlt diese Falte. Siehe CUVIER a. a. O. GURLT, vergl. *Anatomie der Haussäugethiere II.* p. 167. Unter der halbmondförmigen Falte hat das Pferd eine trichterförmige Höhle, unter dem Kehldeckel über der Falte ist eine zweite Höhle, welche beim Esel und Maulthier geräumiger ist, wie denn auch die Ventriculi Morgagni grösser sind, welche hier enge und dem Kehldeckel näher liegende Oeffnungen haben. GURLT a. a. O. p. 167. Das Schwein hat unter dem Kehldeckel auch einen geräumigen häutigen Sack. Die Anatomie des Kehlkopfs andrer Ordnungen der Säugethiere ist von BRANDT (*Diss. de mammalium quorundam praesertim quadrumanorum vocis instrumento. Berol. 1826. 4.*) so vollständig erörtert, dass wir hier darauf verweisen können. Bei den Affen ändert sich der Haupttheil des Stimmorgans nicht, aber die resonirenden Theile sind oft sehr eigenthümlich. Dahin gehört der Kehlsack des Orang-Utangs zwischen Schildknorpel und Zungenbein; bei dem Mandrill (*Simia mormon*) dem Pavian, den Makaken fand CUVIER auch einen häutigen Sack unter dem Zungenbein. Am grössten ist aber der resonirende Apparat der Heulaffen der neuen Welt, *Mycetes*, durch die Auftreibung ihres Zungenbeins und Schildknorpels durch die von den Ventrikeln ausgehenden Seitensäcke des Kehlkopfs, und durch die von BRANDT beschriebenen Sacci laryngo-pharyngei. Der Kehldeckel erhält bei diesen Affen eine sehr eigenthümliche Gestalt und bedeutende Grösse. Bei den Sapajous wird durch die Verstärkung der keilförmigen Knorpel (*C. Wrisbergii*) durch ihre Form und die des Kehldeckels, wie CUVIER zeigte, eine S-förmig gekrümmte Röhre gebildet. Die Stimme dieser Thiere ist pfeifend. Ueber die bei den Säugethiern oft sehr grossen Cartilagines cuneiformes und eigenthümliche Knorpel am Kehlkopf der Säugethiere hat BRANDT Aufschluss gegeben.

B. Amphibien.

Die Stimme der Amphibien entsteht im Kehlkopf wie bei den Säugethiern. Sowohl die Frösche als Crocodile haben Stimmbänder. Ueber den Kehlkopf des Crocodils siehe A. v. HUMBOLDT in Beobachtungen aus der Zoologie u. vergl. Anatomie in MAYER's *Analecten*. Da Bänder im erschlafften und bloss von der Luft ausgedehnten Zustande tiefe Töne angeben, so darf man sich nicht wundern, dass das kleine Stimmorgan des Frosches so tiefe Töne giebt. Beim männlichen Frosch treten beim Tongeben zugleich häutige Säcke am Halse nach aussen, welche zur Verstärkung des Tones dienen. Das Stimmorgan der männlichen *Rana pipa* (*Pipa americana*) zeigt uns eine eigenthümliche Abweichung, indem die Töne

hier von festen schwingenden Körpern angegeben werden. Die Luftröhre fehlt wie bei den Fröschen überhaupt. Die Bronchien gehen sogleich aus dem Kehlkopf hervor. Dieser bildet eine von RUDOLPHI beschriebene, grosse, knorpelige Lade, welche von vorn die Luft durch die Stimmritze erhält. Im Innern dieser Lade befinden sich zwei knorpelige Stäbe fast so lang als die Lade ist; sie sind von MAYER (*Nov. Act. Nat. Cur. XII. 2. 541.*) beschrieben. Es sind keine frei sich bewegende Schwengel, wie bei den Glocken, sondern sie sitzen mit ihrem vordern Ende fest; ihr hinteres freies Ende liegt jederseits neben der Oeffnung des Bronchus. Diese Körper wirken wie stabförmige Zungen oder Stimmgabeln, während die gewöhnlichen Stimmorgane der Thiere membranös sind. Hält man ein dünnes Knorpelstückchen von einigen Linien Länge an einem Ende fest, und bläst den Rand des andern Endes mit einem Röhrchen an, so erhält man einen brummenden Ton, sobald der Anspruch gelingt.

IV. Von der Stimme der Vögel.

1. Stimmorgan der Vögel.

Wir folgen bei der anatomischen Darstellung den Untersuchungen von CUVIER und SAVART. Neue Zergliederungen können in diesem Theil, besonders nach SAVART'S Untersuchungen nur auf das Bekannte stossen. Das Stimmorgan der Vögel, der untere Kehlkopf an der Theilungsstelle der Luftröhre wird in den meisten Fällen schon äusserlich durch die Verschmelzung mehrerer Luftröhrenringe, die sogenannte Trommel angedeutet. Der letzte dieser Ringe bildet vorn und hinten einen Vorsprung, dessen Spitze tiefer liegt als der Seitentheil des Ringes, beide Vorsprünge sind bei den meisten Vögeln, die eine Stimme haben, durch einen knöchernen Querbalken verbunden, wodurch das untere Ende der Luftröhre in 2 Theile getheilt wird, an welche sich die Bronchien anschliessen. Sowohl am äussern als innern Umfang der Branchialöffnungen der Luftröhre können membranöse Falten liegen. Bei manchen Vögeln wie den Gänsen ist das Tongebende eine an der äussern Seite des untern Randes der Trommel ausgespannte Falte. Zwischen dem Ende der Trommel und dem ersten Luftröhrenring ist die Luftröhre nämlich häutig, diese Haut ist so weit sie am untern Rande der Trommel angefügt ist, sehr gespannt, indem sie durch den vordern und hintern Fortsatz am untern Rande der Trommel straff angezogen wird, weiter abwärts ist die Membran zwischen Trommel und erstem Luftröhrenring schlaff, der gespannte Theil der Membran am untern Ende und äussern Rande der Trommel ist das Stimmorgan der Gänse; wenn selbst die Bronchien abgerissen werden, bleibt dieser straffe gespannte Theil der Membran am untern Ende der Trommel sitzen, und man erhält immer noch Töne, wenn man in das obere Ende der Luftröhre bläst. Nach innen springt diese Haut nur wenig vor, was CUVIER Falte oder Stimmband nennt. Bei den Gänsen und mehreren andern Vögeln findet sich am innern Rande der Branchialöffnungen der

Lufttröhre kein Stimmband, keine Falte; aber bei den Singvögeln giebt es nach SAVART's Beobachtungen (FRORIÉP's Not. 331.) zuerst eine Falte am innern Rande der Trommel (*membrana semilunaris*.) SAVART fand sie sehr ausgebreitet bei der Nachtigall, der Grasmücke, dem Zeisig, Hänfling, Stieglitz, Grünling, Finken, Rothkehlchen, Blaukehlchen, Weidenzeisig, Rohrammer, Hausrothschwanz, Zaunkönig, Lerche, Rauchschwalbe, Canarienvogel; die Membran fehlt bei dem Kernbeisser, Sperling, Goldhähnchen, Meerschwalbe, Uferschwalbe, Graufink, Grünammer, Rohrmeise u. a. Bei den Vögeln, welche sprechen lernen können, Raben, Krähen, Elstern, Hähern, Staaren, Drosseln, Amseln, hat die *membrana semilunaris* die grössten Dimensionen. Am Eingang der Bronchien giebt es nach SAVART noch 2 Stimmbänder, ein äusseres und inneres. Die 3 ersten Ringe der Bronchien sind eigenthümlich gestaltet. Ihre Formen sind von SAVART sehr genau beschrieben, auch abgebildet. Längs der innern Fläche des dritten Bogens befindet sich bei den Singvögeln eine häutige, aus einer besondern, wie es scheint, elastischen Substanz gebildete Schnur, das äussere Labium der Glottis der Singvögel. Der äussere Umfang der Ringe kann sich erheben, senken, Bogen beschreiben, namentlich der dritte Ring, dessen Enden dabei als fixe Punkte dienen, so dass die genannte Schnur oder Sehne die Achse für die Bewegungen jenes Knorpels bildet. Nach innen wird die Wand an der Glottis oder das innere Labium bei den Singvögeln durch einen kleinen Knorpel, *Cartilago arytenoidea*, und Wülste aus derselben Substanz wie am äussern Labium gebildet. Diese liegen in einer häutigen Wand (*Paukenmembran* von CUVIER), welche von den Knorpeln der Bronchien bis zum knöchernen Querstück sich erstreckt. Da diese Membran mit der *Membrana semilunaris* zusammenhängt, so kann letztere von der Paukenmembran gespannt werden. Die Paukenmembran ist bei vielen Vögeln äusserst klein und die Ringe der Bronchien bald vollständig, wie bei den Enten und Gänsen, bei den Singvögeln erstreckt sie sich nach SAVART bis zum 4. und 5. Knorpel der Bronchien; bei den Vögeln welche sprechen können, ist die Membran am längsten und die innere Wand der Lufttröhrenäste am wenigsten von Knorpelringen bedeckt. Durch Muskeln, welche dem untern Kehlkopf eigenthümlich sind, können die ersten Knorpel der Bronchien angezogen werden, die Labien der Stimmritze bald mehr genähert, bald mehr von einander entfernt werden. CUVIER theilt die Vögel, je nach der Zahl dieser Muskeln, in mehrere Classen. Bei der einen giebt es keine besonderen Muskeln des untern Kehlkopfs, und die Lufttröhre kann nur durch Niederziehen der Lufttröhre (*Musculi sternotracheales* und *ypsilotracheales*) bedeutend verkürzt werden. Die Vögel, welche hieher gehören, sind die Enten und Gänse unter den Palmipeden und die Hühnerartigen. Unter den Palmipeden haben die Enten und Taucher (*Mergus*) Erweiterungen am untern Kehlkopfe, und dieser wird bei den Männchen zu einer grossen unsymmetrischen, theils knöchernen, theils membranösen Trommel ausgedehnt, welche offenbar den eigenthümlichen Klang der Stimme der männlichen Individuen

hervorbringt. Unter den Kehlköpfen mit besonderen Muskeln giebt es wieder mehrere Abtheilungen. Nur ein Muskel zum Anziehen der Knorpelhalbringe gegen die Luftröhre findet sich in den Accipitres, den Wasserhühnern, Wasserrallen, Schnepfen, Strandläufern, Kiebitzen, Möven, Scharben, Eisvögeln, Geismelkern, Reiher, Rohrdommeln, Kukuken. Alle diese Vögel haben wenig Veränderung der Stimme. Drei Muskeln haben die Papageyen. Bei ihnen hat auch der erste Halbring des Bronchus eine solche Gestalt dass er eine an der Trommel vorn und hinten eingelenkte Klappe darstellt, welche stark nach innen vorspringen kann; diese Vögel haben keinen Querbalken am untern Ende der Trommel und nur eine einzige Stimmritze. Zwei Muskeln schliessen, einer öffnet die Stimmritze. Bei den Singvögeln ist der Kehlkopf mit 5 Muskelpaaren versehen.

Die Luftröhre der Vögel bildet mit dem Mund das Ansatzrohr vor dem Kehlkopf, sie kann durch Nähern, und selbst durch Uebereinanderwegschieben der Ringe ausserordentlich verkürzt werden. Die Luftröhren einiger Vögel sind länger als der Hals, durch Biegungen, wie beim Auerhahn, bei Penelope, bei den Reiher, dem Storch, Kranich, besonders bei den Männchen. Beim wilden Schwan liegt die Luftröhre sogar mit einer Windung in der Substanz des Brustbeins. In Hinsicht der besondern Beschreibung der Luftröhre verweise ich auf CUVIER; er theilt die Luftröhren in cylindrische; kegelförmige, mit plötzlichen Anschwellungen versehene, allmählig sich erweiternde und verengende. Kegelförmige Luftröhren mit sehr allmählicher Erweiterung gegen den Mund haben die Reiher und die Scharben. Die Luftröhre ist plötzlich erweitert bei *Anas clangula*, *fusca*, auch bei *Palamedea hispinosa* nach v. HUMBOLDT's Beobachtung. Allmähliche Erweiterungen finden sich bei den *Mergus* und männlichen Enten.

Man ist hier auf die vergleichende Anatomie der Stimmwerkzeuge so kurz und weit eingegangen, als es zum Verständniss des Physiologischen durchaus nöthig ist.

2. *Theorie der Vogelstimme.* CUVIER *vergl. Anat. übers.* v. MECKEL. IV. 229. SAVART. FRORIEP's Not. 331. 332.

a. *Theorie von CUVIER.* CUVIER zeigte, dass die Stimme der Vögel am untern Kehlkopf entsteht, er hörte, dass eine Amsel, eine Elster, eine Ente nach Durchschneidung der Luftröhre noch zu schreien vermag; er verstopfte die obere Hälfte der Luftröhre, band den Schnabel zu, das Geschrei blieb dasselbe; man schnitt der Ente sogar den Hals ab, sie stiess noch mehrere Töne aus. An diese Versuche, die jedem Beobachter dasselbe Resultat geben, schliessen sich diejenigen am ausgeschnittenen untern Kehlkopf an. Blässt man in die Bronchien einer Ente so entsteht der ganz natürliche Ton der Ente; dasselbe erfolgt, wenn man in die Luftröhre der Ente und Gans bläst, und es können selbst die Bronchien abgeschnitten seyn; wenn nur der am unteren Rande der Trommel sehr gespannte Theil der Bronchialhaut noch da ist, der beim Abreissen der Bronchien noch bleibt, so erhalte ich jedesmal Töne. Nach der Theorie von CUVIER wird der Ton durch die Verlängerung und Erschlaffung der Stimmfalte tiefer,

durch die Verkürzung und Spannung höher. Zu diesen Mitteln gesellen sich noch die Veränderungen der Weite der Oeffnung und die daraus hervorgehende Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Luft. Allein so lange das Mundstück allein sich verändert und die Ringe der Luftröhre und ihre obere Oeffnung dieselben bleiben, beschränken sich die Tonveränderungen bloss auf die, welche mit dem Grundton harmonisch sind.

Sey daher der Grundton bei grösster Erschlaffung des Labiums c , so könne der Vogel durch die Verkürzung desselben nur die Octave, die Quinte derselben Octave, die nächste Octave, ihre Terz und Quinte, die nächste Octave hervorbringen. Diese Ansicht beruht offenbar auf einem Missverständniss; denn die einseitig gespannten Membranen verändern ihre Töne im umgekehrten Verhältniss der Länge derselben und wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte, und da die Spannung in jeder Fraction zwischen 1, 4, 16 gedacht werden kann, so müssen auch alle Töne zwischen 1 und 2 und nicht bloss die harmonischen Töne auf diese Art möglich seyn. Hätte CUVIER gar nicht auf die Spannung der Labien, sondern nur auf die Weite des Mundstücks gerechnet, so würde sein Vergleich der Stimmorgane der Vögel mit einer Labialpfeife richtig geblieben seyn; indem er auf die Schwingungen der Stimmbänder rechnete, verwechselte er das Mundstück einer Zungenpfeife mit dem einer Labialpfeife, welche bei stärkerem Blasen die Töne 2, 3, 4, 5, 6 giebt. Die nicht harmonischen Töne lässt CUVIER durch die Verkürzung der Luftröhre hervorbringen. Indem der Vogel die Luftröhre um $\frac{1}{3}$ verkürze, bringe er ceteris paribus den nächsten ganzen Ton über dem Grundton hervor; nun brauche er die Länge der Luftröhre nicht zu verändern, sondern bloss das Mundstück zu verkürzen, um alle harmonischen Töne des zweiten Tons hervorzubringen. Um auf diese Art von c bis $\bar{c}$ zu steigen, müsste die Luftröhre sich um die Hälfte verkürzen können, was wohl nicht gut möglich ist, das übrige wird indess durch die verschiedene Weite der Oeffnung des obern Kehlkopfs hervorgebracht, wie die Töne an einer gedeckten Pfeife höher werden, in dem Grade als man die Deckung abnehmen lässt. Auf diese Art liesse sich fast wieder eine Octave am Stimmorgan der Vögel erreichen. Wenn CUVIER das Stimmorgan hienach mit den Trompeten vergleicht, so geräth der grosse Forscher wieder in eine Verwechselung der Labialpfeifen mit den Zungenpfeifen, wohin die Trompeten gehören, weil der Anspruch der Luftsäule durch membranöse Zungen, die Lippen, geschieht. In einer Zungenpfeife ändern sich die Töne aber nicht wie in den Labialpfeifen nach der Länge der Luftsäulen, sondern in ganz andern Verhältnissen.

b. Theorie von SAVART. Dieser grosse Physiker vergleicht das Stimmorgan der Vögel, wie das des Menschen, mit einer Labialpfeife, und hält also die Luft für das eigentlich Tönende, so dass das Mundstück am untern Kehlkopf dem Mundstück einer Labialpfeife und nicht einer Zungenpfeife vergleichbar wird. SAVART hat indess gezeigt, dass bei dieser Voraussetzung doch die Wände der Luftröhre einen grossen Einfluss auf den Ton der

Luftsäule haben müssen. Er verglich die Töne verschiedener gleich langer und weiter Labialpfeifen aus verschiedenem Material. Alle waren 1 Fuss lang, 9 Linien dick (im Lichten). Der Versuch ergab, dass eine aus 12fach zusammengeleimtem Papier gebildete Pfeife, von $\frac{3}{4}$ Linie Dicke der Wände, eine schon etwas andere Zahl der Schwingungen hat, als eine hölzerne Pfeife, und dass sich der Ton um mehr als eine Octave vertiefen kann, wenn die Steifheit der Wände bedeutend abnimmt, namentlich durch Anfeuchtung. Hier gerathen die Wände der Pfeife in Schwingung und haben selbst wieder auf den Ton der Luftsäule Einfluss.

c. Bemerkungen. SAVART sucht die Vergleichung des Stimmorgans der Vögel mit einer Zungenpfeife durch die Bemerkung zu widerlegen, dass der Ton eines Mundstücks bei stärkerm Blasen sich nicht bedeutend ändere, dass man dagegen durch veränderte Geschwindigkeit des Luftstroms bei einem Singvogel nach seinen Versuchen vom Grundton aus alle möglichen in anderthalb Octaven begriffenen Töne hervorbringen könne. Ich halte es für durchaus nicht erwiesen, dass das Stimmorgan der Vögel wirklich eine Zungenpfeife darstelle; indess ist der Einwurf von SAVART nicht entscheidend. Denn ich habe gezeigt p. 155., dass sich die Töne an Mundstücken mit membranösen Zungen von Kautschuck um einige Töne durch stärkeres Blasen erhöhen lassen, dass diese Erhöhung sich auf alle in einer Quinte liegenden Töne erstreckt bei Zungen von Arterienhaut, dass sich der Ton der Stimmbänder des männlichen Kehlkopfs um alle in einer Quinte liegenden Töne erhöhen lässt, und ganz dasselbe, ja noch mehr kommt an den Mundstücken mit metallischen Zungen vor, wenn die Zunge nur dünn genug ist. Die Töne der dünnen metallenen Zunge in der Schalmey der Kinder konnte ich um mehr als anderthalb Octaven erhöhen, und bei stärkerm Blasen durch alle in anderthalb Octaven möglichen Töne durchgehen. Der Erfolg blieb sich gleich, mochte ich durch die obere Oeffnung der Schalmey blasen, oder das Stück, worin die metallene Zunge steckt, selbst anblasen. Man hat sich bei dem Studium der metallenen Zungen zu sehr an die dicken Zungen der Orgelpfeifen gehalten, bei welchen die gewöhnliche Geschwindigkeit des Luftstroms nicht stark genug ist, um den Ton zu erhöhen; vergl. oben p. 155.

Ob die Töne des Stimmorgans der Vögel nach Analogie der Zungenpfeifen und des menschlichen Stimmorgans entstehen, oder nach Analogie der Labialpfeifen, und ob die Lippen der Stimmritzen des Vogels durch Eigenschwingung tönen oder ob durch die Reibung des Luftstroms an den Lippen die Luftsäule der Luftröhre in Schwingung versetzt werde, scheint mir ganz ausserordentlich schwer und für jetzt fast unmöglich zu entscheiden. Das einfache Stimmorgan vieler Vögel ist unzweifelhaft eine Zungenpfeife, wie z. B. das der Enten, Gänse und anderer. Man sieht nicht allein die heftigen Schwingungen des äussern Stimmbandes, dieser Ton hat auch die grösste Aehnlichkeit mit einem durch Schwingungen von Membranen erzeugten Ton (und dasselbe gilt von allen Vögeln, die einen Membranenton haben, wie die Stimme der Raben, die

doch schon zu den Singvögeln gehören). Auch hat die Länge der Luftröhre der Gans, wenn man durch die Bronchien bläst, nur einen ganz untergeordneten Einfluss auf die Veränderung des Tons, und man kann bei ganz kurzer Luftröhre noch denselben charakteristischen Ton der Gänse, wie bei langen Luftröhren erzeugen. Ob aber der Pfeifenton der Stimmvögel auch hieher gehöre, und der Ton nicht vielmehr wie beim Mundpfeifen entstehe, ist eine andere Frage. Mir ist die Vergleichung mit einem Zungenwerk immer noch wahrscheinlicher. Denn erstens ist es nicht möglich, dass die Lippen der Glottis bei bestimmter Wirkung der Muskeln nicht in Schwingung gerathen, und wenn auch die Reibung der Luft auch Antheil hat, so wird jedenfalls eine Compensation zwischen den Schwingungen der Luft und der Stimmbänder eintreten müssen, dann gehört aber das Stimmorgan des Vogels nicht mehr ganz unter die Labialpfeifen, sondern hat zugleich ein Element der Zungenpfeifen. Dann aber kann ich an dem untern Kehlkopf von Vögeln (Rabe, Staar) an dem blossen Mundstück ohne Luftröhre durch ein in einen Bronchus eingesetztes Rohr Töne hervorbringen, und diese Töne des Mundstücks ändern sich nicht merklich (wie bei dem menschlichen Stimmorgan), wenn ich bei gleich schwachem Blasen ein Röhrchen vorhalte. Bei der Gans hat die Länge der Luftröhre jedenfalls einen sehr untergeordneten Einfluss auf den Ton des untern Kehlkopfes, wie an der menschlichen Zungenpfeife ein Ansatzrohr. Die meisten Veränderungen der Töne lassen sich am Kehlkopf der Vögel offenbar durch verschiedene Stärke des Blasens hervorbringen, wie SAVART zeigte, was allerdings an so kleinen Labialpfeifen, wie die Luftröhre der kleinen Singvögel, auch geschehen kann, wie oben p. 178. gezeigt wurde, aber auch an Zungenpfeifen mit membranöser Zunge möglich ist.

Die Luftröhre kann den Ton entweder wie bei einer Labialpfeife verändern, was mir nicht wahrscheinlich ist, oder wie bei den Ansatzröhren der Zungenpfeifen. Die Endöffnung der Luftröhre am obern Kehlkopf kann, wenn sie sich verengert, wie an Labialpfeifen und Zungenpfeifen den Ton vertiefen.

Die Paukenmembran, welche heftig mitschwingt, muss auf den Ton des Mundstücks Einfluss haben, und es muss eine Accommodation zwischen dem innern Labium der Glottis, der Membrana semilunaris und der Paukenmembran stattfinden. Die Paukenmembran gleicht dem schwingenden Häutchen einer Pfeife von Schilfrohr.

Die meisten Fische sind stumm, nur von einigen wenigen weiss man, dass sie Töne von sich geben; dahin gehören die Trigla, Cottus, Pogonias.

Die Anatomie dieser Thiere ist hinreichend bekannt; aber es ist vollends unmöglich, sich jetzt eine genügende Hypothese über die Erzeugung von Tönen durch diese Thiere zu geben. Daher ich mich auf die kurze Angabe der Facta beschränken muss.

Die Triglen geben einen grunsenden Ton von sich, wenn sie aus dem Wasser genommen werden; die Anatomie dieser Thiere

zeigt uns keine Organe, von welchen man diese Töne mit Sicherheit ableiten könnte. Sollte der eigenthümliche Muskel der Schwimmblase bei diesen Thieren Antheil an jener Tonerzeugung haben? Die Cottus, welche beim Druck auf ihren Körper einen Ton hören lassen, haben nicht einmal eine Schwimmblase. Unter den Sciaenoiden giebt es mehrere Fische, welche Töne geben, am meisten bekannt sind jedoch *Corvina ronchus* und die *Pogonias*, welche letztere sich den Namen der Tamboure erworben haben. Sie bringen anhaltende Töne unter dem Wasser hervor; CUVIER und VALENCIENNES haben die hieher gehörigen Beobachtungen von MITCHILL, WHITE, SCHOEPP, A. v. HUMBOLDT zusammengestellt. Die Schwimmblase dieser Thiere, welche CUVIER und VALENCIENNES abbildeten, ist sehr gross wie bei den meisten Sciaenoiden, die einen Ton geben, mit starken Muskeln bedeckt, und hat Anhänge, die nach CUVIER zwischen den Rippen in das Fleisch eindringen. Bei einem *Pogonias fasciatus*, den ich untersuchte, waren leider Eingeweide und Schwimmblase ausgenommen. An den Rippen sassen inwendig bandartige Streifen an, welche wahrscheinlich von der Schwimmblase abgerissen waren, sie waren jedoch nicht hohl. Ausserordentlich stark sind die Pflasterzähne der oberen und unteren Schlundknochen dieser Thiere.

Ueber die von der Sphinx atropos hervorgebrachten Töne und die summenden Töne der Dipteren findet man hinreichende Aufschlüsse bei R. WAGNER, MUELL. *Arch.* 1836, und BURMEISTER in POGGEND. *Ann.* XXXVIII. Auch die *Acheta domestica* und die Locusten geben Töne von sich, vergl. Cuv. *regn. anim.* 5. 184.

III. Capitel. Von der Sprache.

Ausser den in dem Stimmorgan gebildeten Tönen von musikalischem Werthe giebt es noch eine grosse Anzahl durch das Ansatzrohr des Stimmorgans hervorzubringender Laute oder Geräusche, durch deren Verbindung mit einander die Sprache entsteht, indem gewisse Verbindungen dieser Laute zur Bezeichnung von Gegenständen, Eigenschaften, Thätigkeiten, Beziehungen dienen. Die Sprachen benutzen nicht alle auf diese Art möglichen Geräusche und Laute, weil ihre Verbindung mit anderen oft schwer ist. Diejenigen, deren Verbindung leicht ist, finden sich zum grossen Theil in den meisten Sprachen. Jede Sprache enthält eine gewisse Anzahl dieser möglichen Laute, niemals finden sich alle möglichen Laute in einer Sprache vereinigt; vielmehr entstehen charakteristische Unterschiede in den Sprachen, in sofern die einzelnen Sprachen gewisse Classen dieser Laute oder einzelne derselben vorzugsweise, andere sparsam oder gar nicht anwenden. Von der Physiologie ist das natürliche System dieser Laute aufzustellen. Die Versuche dazu von Seiten der Grammatik sind durchweg unzureichend, indem man bei der Eintheilung der Laute von unwesentlichen Eigenschaften derselben ausging. Die Eintheilung der Laute nach den Organen, z. B. in

Labiales, Dentales, Gutturales, Linguales, ist bis auf den einfachen Unterschied der Mund- und Nasenlaute, Orales und Nasales, fehlerhaft, indem hier Laute zusammenkommen, welche nach den physiologischen Principien zum Theil ganz verschieden sind; überdiess wirken bei den meisten Lauten mehrere Theile des Mundes zugleich mit. Der Unterscheidung der Mutae, auch der Liquidae liegt etwas Richtiges zu Grunde, aber die Anwendung ist fehlerhaft gewesen. Selbst die Eigenschaften der Vocale im Gegensatz der Consonanten sind nicht hinreichend gewürdigt worden. Durchgängig setzt man ihr Wesen darin, dass sie nicht stumm und blosses Geräusche wie die Consonanten sind, sondern im Stimmorgan ursprünglich angegeben, im Munde aber modificirt werden. Der Unterschied der Vocale von den Consonanten ist indess weit geringer; denn alle Vocale lassen sich stumm, als blosses Geräusche, so gut wie die Consonanten angeben und als blosses Geräusche deutlich unterscheiden, wie es jedesmal beim leisen tonlosen Sprechen, *Vox clandestina*, geschieht; die lauten Vocale entstehen also bloss durch Mittönen der Stimme. Aber auch eine ganze Classe von Consonanten kann sowohl stumm als blosses Geräusch, wie auch mit Mittönen der Stimme angegeben werden, wie wir bald sehen werden. Der Unterschied der Vocale und Consonanten ist dem Wesen nach ein ganz anderer. Ein Hauptfehler bei mehreren Versuchen einer natürlichen Eintheilung der Laute war, dass man auf ihre mögliche Bildung als Geräusch ohne Ton bei der *Vox clandestina* zu wenig Rücksicht nahm. Man muss vielmehr, um die Eigenschaften der Laute ihrem Wesen nach zu erkennen, vom leisen tonlosen Reden, *Vox clandestina*, ausgehen und dann untersuchen, welche der stumm anzugebenden Laute auch mit Ton modificirt hervor gebracht werden können. Hiebei kommt man auf zwei Reihen von Lauten, eine, deren Glieder nur stumm und der Verbindung mit der Stimme ganz unfähig sind, eine andere, deren Glieder zwar stumm angegeben werden können, aber auch der Verbindung mit der Stimme fähig sind. Eine andere wichtige Unterscheidung der Laute ist die, ob sie bei plötzlich sich ändernder Mundstellung nur einen Moment angegeben werden können und keiner Verlängerung, so weit der Athem reicht, fähig sind (*Streptus incontinuus, explosivus*), oder ob sie, indem die Stellung der Mundtheile durchaus verharret, *ad libitum*, und so lange der Athem reicht, verlängert werden können (*Streptus continuus*). Alle Geräusche der ersten Art sind keiner gleichzeitigen Verbindung mit Stimmtönen (*Intonation*) fähig und absolut stumm; fast alle Consonanten der zweiten Art können mit *Intonation* verbunden werden. Hiedurch entstehen eigenthümliche Modificationen, während hingegen die absolut stummen Consonanten mit *Streptus explosivus incontinuus* durch Verbindung mit einer Aspiration, Hauch, einer Umwandlung fähig sind.

Schriften über die Sprache: J. WALLIS *de loquela s. sonorum formatione* in C. AMMAN, *Surdus loquens*, Lugd. Bat. 1727. KRATZENSTEIN *tentamen resolvendi problema ab Acad. Sc. Petrop.* 1780 *propos.* Petrop. 4. KEMPELEN, *Mechanismus der menschlichen Sprache*

nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien 1791. 8. REITTER'S Methodenbuch zum Unterricht für Taubstumme. Wien 1828. RUDOLPHI, Physiologie. CHLADNI in GILB. Ann. 1824. St. 2. C. MAYER in MECKEL'S Archiv f. Anat. u. Physiol. 1826. R. SCHULTHESS, das Stammeln und Stottern. Zürich 1830. 8. R. WILLIS in POGGEND. Ann. XXIV. HEUSINGER in seiner Ausgabe von MAGENDIE'S Physiologie. PURKINJE, *Badania o przedmiocie fizyologii mowy Ludzkiej*. Kraków 1836. 8. (Forschungen über die Physiologie der menschlichen Sprache. Krakau 1836.)

A. Stummes Lautsystem der leisen Sprache, Vox clandestina.

I. Stumme Vocale.

a, e, i, o, u, ä, ö, ü, ü, und die Nasenvocale *a, ü, oe, o*. Alle Diese Vocale lassen sich stumm als blosser Geräusche deutlich unterscheidbar aussprechen. Es ist hier die Frage, ob sie als stumme Vocale mit den stummen Consonanten übereinkommen, oder physiologisch sich ganz davon unterscheiden. Alle stummen Consonanten entstehen bloss im Ansatzrohr vor dem Stimmorgan, oder in Mund- und Nasenhöhle als Geräusche der durch den auf verschiedene Art modificirten Canal durchströmenden Luft. Die stummen Vocale verhalten sich aber einigermassen verschieden; denn wenn auch die Stimme dabei nicht tönt, so liegt doch die erste Ursache des stummen Vocales nicht im Munde, sondern in der Stimmritze, wie man durch Versuche an sich bald finden wird. Das Geräusch zur Bildung eines stummen Vocals entsteht, wie es scheint, beim Vorbeiströmen der Luft an den nichttönenden Stimmbändern selbst. Es ist dasselbe Geräusch, wie man es in der Stimmritze auch bei geschlossenem Mund und offener Nase hervorbringen kann, wenn man durchaus allen Ton vermeidet. Durch die verschiedene Gestalt des Mundrohrs bei offenem Munde wird dieses Geräusch so modificirt, dass es als stummes *a, e, i, o, u* tönt.

Die Gestalt des Mundcanals ist bei den stummen Vocalen ganz dieselbe, als bei denselben Vocalen, wenn sie laut gesprochen werden; der einzige Unterschied ist im letztern Fall, dass statt des Geräusches an der Stimmritze ein wirklicher Ton angegeben wird. KRATZENSTEIN und KEMPELEN haben gezeigt, dass die Bedingungen zur Umwandlung eines und desselben Tons in die verschiedenen Vocale in der Weite zweier Theile, des Mundcanals und der Mundöffnung, liegen, und ebenso ist es bei den stummen Vocalen. Unter Mundcanal versteht KEMPELEN hier den Raum zwischen Zunge und Gaumen; bei gewissen Vocalen ist die Mundöffnung und der Mundcanal weit, bei anderen beide eng, bei anderen das eine weit, das andere eng. Stellt man sich mit KEMPELEN in der Weite des Zungen- und Mundcanals 5 Grade vor, so ist bei

<i>a</i>	die Weite der Mundöffnung 5,	die Weite des Mundcanals 3.
<i>e</i>	4,	2.
<i>i</i>	3,	1.
<i>o</i>	2,	4.
<i>u</i>	1,	5.

Die Verhältnisse für die übrigen Vocale *ä, ö, ü* und das schwed. *å* lassen sich hiernach leicht finden.

PURKINJE hat gezeigt, dass die Bedingungen zur Bildung einiger Vocale, namentlich des *a* und *e*, von KEMPELEN nicht ganz richtig angegeben worden. Beide hängen hauptsächlich von der Form des Kehlraums zwischen Zungenwurzel und Schlund ab, bei beiden ist dieser Raum gross, bei *e* am grössten, dagegen *a* und *e* bei gleicher Mundöffnung angegeben werden können. Die angegebene Stellung der Lippen bei *o* ist auch nicht nothwendig.

An die reinen Vocale schliessen sich die tiefen Vocale mit Nasentimbre an, *a, ä, o, ae*, z. B. in den Worten sang, singulier, ombre, oeuvre; diese Modificationen entstehen bloss durch Verengerung des Gaumenbogens und Erhebung des Kehlkopfes.

II. Stumme Consonanten mit *Strepitus aequalis s. continuus*. *Continuae*.

Alle Consonanten, welche hieher gehören, können in einem Stück, so lange der Athem reicht, ausgesprochen werden, indem die Stellung der Mundtheile beim Anfang, wie bei der Dauer und dem Ende der Bildung des Lautes dieselbe bleibt. Ich kann z. B. in einem fort *f, ch, s, r, l* u. a. hervorbringen. Ganz anders ist es mit denjenigen Consonanten, die durch einen *Strepitus inaequalis s. explosivus* gebildet werden, *β, δ, γ, π, τ, κ*; sie können, da die Stellung der Mundtheile am Anfang der Bildung eine ganz andere ist, als in der Mitte und am Ende ihrer Bildung, nur einen Moment dauern, bis die plötzliche Veränderung der Stellung der Mundtheile geschehen ist, *Explosivae* AMMAN.

Consonanten mit *Strepitus aequalis seu continuus* sind *h, m, n, ñ (ng), f, ch, sch, s, r, l*. Sie können wieder in drei Abtheilungen gebracht werden.

1. *Continuae orales durch den ganz offenen Mundcanal*. Hieher gehört bloss die Aspiration *h*. Es findet hier keinerlei Opposition der Mundtheile gegeneinander als Ursache des Geräusches beim Durchgehen der Luft statt. Das Geräusch der Aspiration ist der einfachste Ausdruck der Resonanz der Mundwände beim Ausathmen der Luft. Das *H* fehlt der italienischen Sprache. Ueber den Gebrauch des *H* in den verschiedenen Sprachen siehe PURKINJE a. a. O.

2. *Continuae nasales durch den ganz offenen Nasencanal*. Nasenlaute: *m, n, ñ* oder *ng*. Bei diesen geht die Luft ganz einfach durch den Nasencanal durch, während die Mundhöhle entweder durch die Lippen oder die an den Gaumen sich legende Zunge geschlossen ist. Auch hier findet keine Opposition der Theile, zwischen welchen die Luft durchgeht, statt. Bei allen drei Consonanten dieser Abtheilung bildet die Mundhöhle ein kürzeres oder längeres blindes, am Ende geschlossenes Divertikel des Rachens und Nasencanals; dieses Divertikel ist bei *m* am grössten, bei *n* kleiner, am kleinsten bei *ng*. Bei *M* wird der Mund durch die Lippen geschlossen, diess hat Einige, wie RUDOLPH u. A., verleitet, *m* als einen Lippenbuchstaben anzusehen, was es nicht ist,

die Lippen schliessen nur die Mundhöhle, nicht durch den Act dieses Schlusses, sondern nach dem Schluss wird *m* gebildet durch einfachen Durchgang der Luft durch den Nasencanal unter Resonanz des Divertikels des Mundcanals.

Bei *N* wird der Mund durch die an den vordern Theil des Gaumens sich anlegende Zungenspitze geschlossen.

Bei *Ng*, oder *ñ*, einem ganz bestimmten Consonanten vieler Sprachen, auch der deutschen, geschieht der Schluss des Mundcanals nur etwas weiter nach hinten, nämlich durch den Zungenrücken, welcher sich an den hintern Theil des Gaumens anlegt. Es ist keine Zusammensetzung von zwei Consonanten, sondern ein einfacher Laut, so gut wie *m* und *n*, z. B. sing, bang. Das französische *ng* liegt noch tiefer.

3. *Continuae orales durch klappenartige Opposition von Mundtheilen gegeneinander. f, ch, sch, s, r, l.* Die Theile, welche klappenartig in Opposition treten und dem Durchgang der Luft ein Hinderniss darbieten, sind bald die Lippen wie bei *f*, bald die Zähne wie bei *sch* und *s*, bald Zunge und Gaumen, wie bei *ch, r, l*.

F, Stellung der Lippen zum Blasen. Es giebt zwei Modificationen dieses Blasegeräusches, das reine *F* und *W*.

1) Bei *F* ist die Lippenöffnung mehr rund.

2) bei *W* lassen die Lippen eine zwar enge, aber ganz breite Spalte zwischen sich.

Ch oder *χ*, bei welchem letztern kein Missverständniss entstehen kann, da diess Zeichen nie zugleich andere Laute bedeutet. Dieser Laut fehlt der französischen Sprache, ihr *ch* ist unser *sch*. Die Zunge liegt am Gaumen nahe an; die Luft geht zwischen Gaumen und Zunge durch einen engen Zwischenraum. Es giebt drei *χ*, je nach der Stelle, wo die Zunge dem Gaumen genähert wird.

1) Bei dem ersten oder vordern *χ* liegt der vordere Theil der Zunge nahe dem vordern Theil des Gaumens, so ist das *χ* in lieblich, selig (das *χ* wird in der deutschen Sprache bald durch das *ch*, bald durch *g* ausgedrückt).

2) Bei dem mittlern *χ* liegt die Zunge mit ihrem Rücken nahe am mittlern Theil des Gaumens; es klingt sehr verschieden von dem vorhergehenden, wie in den Wörtern auch, Tag, sagen, suchen, Aachen, ach. KEMPELEN hat bemerkt, dass diess *χ* immer nach einem *a, o* oder *u* folgt. Diess ist jedoch nicht nothwendig; in der deutschen Sprache ist diess zwar gewöhnlich so, aber Jeder kann auch diese Vocale mit dem ersten oder vordern *χ* verbinden, bei manchen Wörtern geschieht es auch in der gemeinen Sprache, z. B. im Worte Papachen, Mamachen. Die polnische Sprache hat das zweite *ch* auch, und in der Gegend von Aachen ist es sogar gewöhnlich, so dass dort das *χ* in Aachen wie in Papachen ausgesprochen wird.

3) Bei dem hintern *χ*, welches den Schweizern, Tyrolern, auch den Holländern eigenthümlich ist, wird der Zungenrücken dem hintersten Theil des Gaumens oder Gaumensegel genähert; *chet* hebr., *cha* arab., nach PURKINJE auch im Böhmischen.

Sch, ein sehr bestimmter und einfacher Laut, wofür unsere Sprachen kein besonderes Zeichen haben. Das *che* der Franzosen. Die Zähne der obern und untern Kinnlade sind sich genähert oder liegen sogar auf einander, die Zunge steht hinter den Zähnen mit ihrer Spitze, ohne sie zu berühren. In Westphalen verwechselt man diesen einfachen Laut mit σ .

S. Die Zähne sind einander genähert, oder berühren sich, die Zungenspitze berührt die untere Zahnreihe. Eine Modification ist das *th* der Engländer. Das lispelnde *s* ist fehlerhaft.

R. Die Zunge vibriert gegen den Gaumen. Nicht jeder Zitterlaut ist *R*, beim Brummen mit vibrirenden Lippen kommt z. B. kein *R* heraus. HALLER stellte sich die Vibrationen der Zunge beim *R* als ebensoviel willkührliche Bewegungen vor und wollte daraus die Schnelligkeit der Nervenwirkung berechnen; diess ist aber offenbar ein Missverständniss, denn die Vibrationen sind hierbei blosse, durch den Luftstrom an der widerstrebenden Zunge bewirkte Bebugen und so wenig einzelne willkührliche Acte, als das Beben der Lippen beim Brummen auf den Lippen.

Es giebt zwei *R*.

1) Das reine oder Zungen-*R*; hier ist die Zunge der vibrirende Theil und das Gaumensegel ruhig.

2) Das Gaumensegel-*R*; hier ist die Zunge ruhig und das Gaumensegel vibriert. Bei Franzosen häufig als Angewöhnung.

Das *R* fehlt im Chinesischen.

L. Die Zungenspitze liegt am Gaumen dicht an, die Luft geht nur auf beiden Seiten zwischen Zunge und Wangen durch. Man kann es auch auf einer Seite allein bilden. Dieser Laut fehlt in der Zendsprache.

KEMPELEN rechnet einige dieser Laute unter die Stimmmitlaute, weil die Stimme dabei mittöne, wie das *R*, *L*; indess können sie alle stumm angegeben werden; durch Mittönen der Stimme werden sie nur modificirt, was bei dem leisen Reden jedoch nicht in Betracht kommt.

III. Stumme Consonanten mit *Strepitus explosivus*.

Es gehören hieher das β , γ , δ , und ihre Modificationen, das π , κ , τ . Es sind die *Explosivae* von AMMAN.

Die Stellung der Mundtheile, die zur Bildung dieser Consonanten dienen, ändert sich plötzlich; die Bildung beginnt mit Schluss des Mundes und endigt mit Oeffnung desselben. Daher können diese Consonanten nicht ad libitum verlängert werden, der Laut hört auf, sobald der Mund geöffnet ist.

1. *Explosivae simplices* *b*, *d*, *g*. (*Gamma*).

B, β . Der Mund ist durch die Lippen geschlossen und öffnet sich mit Durchgang des Windes.

D, δ . Der Mund ist durch die an den vordern Theil des Gaumens oder an die obere Zahnreihe angelegte Zunge geschlossen und öffnet sich mit Durchgang des Windes.

G, γ . Die Mundhöhle ist weiter hinten durch Anlegen des hintern Zungenrückens an den Gaumen geschlossen und öffnet sich mit Durchgang des Windes. Nur das *Gamma* in *Gang*, *ging*,

Gold, Gulden, Geld gehört hieher. Sehr oft wird das *g* in der Schriftsprache mit *ch* verwechselt, diess falsche *g*, wie in selig, gehört nicht hieher.

Die stummen Laute *b*, *d*, *g* werden in der Regel durch plötzliches Oeffnen der verschlossenen Wege gebildet. Man kann aber auch durch plötzliches Schliessen *b*, *d*, *g* bilden.

2. *Explosivae aspiratae*, *p*, *t*, *k*.

Die dem *b*, *d*, *g* entsprechenden Laute *p*, *t*, *k* sind nur Modificationen der erstern und entstehen durch Verbindung einer Aspiration mit *b*, *d*, *g* beim Oeffnen des Mundes; aus *B* wird durch Aspiration *P*, aus *D* wird durch Aspiration *T*, aus Gamma wird durch Aspiration *K*. Die Aelteren und auch KEMPELEN, RUDOLPHI setzen den Unterschied der zweiten Reihe von der ersten in einem Mittönen der Stimme bei *b*, *d*, *g*. Diess ist nicht richtig, sie können vielmehr ganz stumm gebildet werden. SCHULTHESS setzt ihr Wesen in die Stärke des Luftstroms, was ganz richtig ist, doch ist die Verschliessung der hinteren Nasenöffnungen nicht vor dieser stärkern Explosion nöthig. Der einzige Unterschied zwischen der ersten und zweiten Reihe liegt bloss in der folgenden Aspiration bei *p*, *t*, *k*.

Diese Erklärung wurde bereits im Grundriss der Physiologie 1827 gegeben.

Mehrere explosive schmatzende Laute, die uns möglich sind, werden in den Sprachen nicht angewendet.

Alle Hauptlaute der articulirten Sprache gehören, wie man sieht, zum Lautsystem des leisen oder stummen Sprechens. Nur einige wenige Modificationen der Consonanten, welche zu ihrer Bildung das Mittönen der Stimme erfordern, können beim leisen Reden nicht vorkommen, wie das deutsche *j*, das franz. *j*, *ge*, das franz. *z*, das intonirte *l*, das intonirte *r*. An die Stelle dieser intonirten Consonanten treten beim leisen Sprechen die entsprechenden stummen Consonanten,

nämlich an die Stelle des deutschen *j* das *ch*,

„ „ „ „ des franz. *j* das *sch*,

„ „ „ „ des franz. *z* das *s*,

„ „ „ „ des intonirten *l* das stumme *l*,

„ „ „ „ des intonirten *r* das stumme *r*.

Man sieht hieraus, dass das Aussprechen der Consonanten als blosse Geräusche beim ersten Unterricht der Kinder zwar für den grössten Theil der Consonanten möglich ist, dass aber die ganze Reihe der intonirten Consonanten auf diese stumme Weise nicht zu bilden ist, daher jene Methode, ohne diese Kenntniss angewandt, eher nachtheilig als förderlich ist, indem sie bei diesen intonirten Consonanten etwas Unmögliches unternimmt, während die Methode sonst ihre grossen Vortheile hat.

B. Lautsystem der lauten Sprache.

Bei der lauten Sprache bleiben einige Consonanten stumm und auf blosses Geräusch beschränkt, indem sie durchaus keines Mittönens der Stimme fähig sind, wie die Explosivae *b*, *d*, *g* und

ihre Modificationen *p, t, k*, aus der Reihe der Consonanten mit *Strepitus continuus* das *h*. Andere Consonanten sind bei der lauten Sprache einer doppelten Pronunciation fähig, der stummen und der lauten, im letztern Fall mit Mittönen und Summen der Stimme, wie das *f, ch, sch, s, l, r, m, n, ng*.

Die Vocale sind laut.

I. *Vocale*. Die Stellung des Mundes ist wie bei ihrer stummen Pronunciation. Der Ton entsteht im Kehlkopf wie das Geräusch bei den stummen Vocalen, und der Kehlkopftön wird durch den Kehlcanal, Mundcanal und die Mundöffnung zu *a, e, i, o, u, ü, ö, ä, â*, und die tiefen näselnden Vocale *a, ä, o, oe* franz. umgebildet. Siehe p. 231. Die Diphthongen sind Verbindungen zweier Vocale, und werden von RUDOLPHI mit den wahren Vocalen *ü, ö, ä* verwechselt. Endlich gehört noch hieher als sehr bestimmter Vocal das sogenannte stumme *e*, hebräisch *schwa*, das auch im Deutschen vorkommt, wenigstens in Dialecten in *habe, sage*. Dieser Laut ist den leisen Vocalen schon sehr nahe.

Die leisen Vocale kommen bei der lauten Sprache in der Regel nicht vor. Doch findet sich eine Spur davon in Slavischen Sprachen, z. B. im Polnischen. Bei dem Wort *wab* folgt auf *b* ein leises tonloses *i*. Dasselbe Zeichen drückt auch bei einigen andern Consonanten die Folge des leisen *i* aus, aber sehr leicht geht das leise *i* in *ch* über, dessen Bildung dem leisen *i* so nahe liegt. Krom'. Ausser den Vocalen tönt die Stimme auch bei mehreren Consonanten summend mit, ohne sich dem Timbre eines Vocale zu nähern. Diese Art von Intonation ist sowohl bei offenem Mund, als bei geschlossenem Mund bei offenem Nasencanal möglich.

II. *Consonanten, welche in der lauten Sprache stumm bleiben*.

1. Explosivae *B, D, G* (Gamma) und ihre Modificationen *P, T, K*. Es ist platterdings nicht möglich, diese stummen Consonanten mit Intonation der Stimme zu verbinden. Versucht man sie laut auszusprechen, so hängt sich die Intonation hinten an, und ist ein mit *b, d, g* oder *p, t, k* verbundener Vocal.

2. Continuae. Die einzige Continua, welche ganz stumm und keines Mittönens oder Summens der Stimme fähig ist, ist das *h*, die Aspiration. Versucht man das *h* laut auszusprechen, so tönt das Summen der Stimme nicht gleichzeitig mit *h*, sondern folgt ihm und die Aspiration erlischt auf der Stelle, sobald die Luft an den Stimmbändern zum Ton anspricht.

III. *Consonanten, welche in der lauten Sprache sowohl stumm als blosses Geräusch, als auch mit Intonation der Stimme gesprochen werden können*; es sind lauter Continuae: *f, ch, sch, s, r, l, m, n, ng*. Die intonirten dieser Reihe fehlen in vielen Sprachen, die französische Sprache hat die meisten intonirten Continuae, welche sie zuweilen durch besondere Buchstaben, wie *z* das intonirte *s*, *j* das intonirte *sch*, oder durch das stumme *e* hinter *l, m, n, r* ausdrückt; ein kurzes und leises *e* hinter *l, m, n, r* ist diess nicht, sondern eine gleichzeitige Intonation bei dem Aussprechen jener Consonanten. Das stumme *e* am Ende anderer Buchstaben bedeutet dagegen gar nichts, wenn es nicht dazu dient, ein Schriftzeichen, das auch für andere Laute gebraucht

wird, näher zu bestimmen; *ge* z. B. und *che* sind das deutsche stumme *sch*, während *g* vor *a* das Gamma ist. Die deutsche Sprache unterscheidet nur in einem Fall einen intonirten Consonanten von seinem entsprechenden Stummen, das deutsche *j*, welches von dem franz. *j* verschieden. Das deutsche *j* ist das intonirte *ch*, das franz. *j* das intonirte *sch*. KEMPELEN hat mehrere der intonirten Consonanten sehr gut gekannt, er weiss z. B., dass das deutsche *j* durch Intonation des *ch* entsteht, a. a. O. p. 209., dass das franz. *z* ein säuselndes intonirtes *s* ist (367.), dass das franz. *j* ein säuselndes intonirtes *sch* ist (346.). Auch rechnet er *l*, *m*, *n*, *r* zu den Stimmmitlautern, ich kann aber damit nicht übereinstimmen, dass diese Consonanten an und für sich und in lauter Sprache immer intonirt seyn sollen, denn sie werden eben so rein in der lauten Sprache ohne Stimme gebildet. Zudem rechnet KEMPELEN auch das *b*, *d*, *g* zu den intonirten, da sie doch absolut stumm sind, so gut wie *p*, *t*, *k*, die KEMPELEN richtig als absolut stumm ansieht. Ich lasse hier die entsprechenden Reihen der stummen und intonirten Continuae folgen.

Continuae nasales.

Stumm.

Intonirt.

- m* *m*. In der franz. Schrift stummes *e* hinter *m*, klingt aber mit *m*.
n *n*. In der franz. Schrift stummes *e* hinter *n*, klingt aber mit *n*.
ng *ng*. Kann ad libitum intonirt werden.

Die intonirten können auch einen Moment bei zugehaltener Nase gebildet werden.

Continuae orales.

- f* und *ω* *ω*. Ein intonirtes *f* klingt wie ein intonirtes *ω*.
z, deutsch *ch*, fehlt dem Franz. *j*. Deutsch in ja. Spricht man *cha* mit Intonation des *ch*, so ist es ja. Auch im Polnischen im Wort Ja (ich). Kömmt im Franz. nur als Verbindung mit *l* im sogenannten *l mouillé* vor, wie eben in dem Wort *mouillé*.
sch, franz. *che* . . . *j*. Franz. in *jamais*. Spricht man *schamais* mit Intonation des *sch*, so ist es *jamais*. Das Poln. *z'* ist derselbe intonirte Laut, auch *rz*.
l *l*. In der franz. Schrift stummes *e* hinter *l*, klingt aber mit, nicht hinter *l*, in *salle*, *sable*, *ville* (das *l mouillé* gehört eigentlich nicht hieher und ist *lj*); auch das polnische modificirte *Ł* ist intonirt.
r *r*. In der franz. Schrift stummes *e* hinter *r*, klingt aber mit *r* nicht hinter *r*, in einigen Wörtern wie *verre*.
s *z*. Franz. Spricht man das *zone*, *zèle* mit stummem *s* aus, so ist es *sone*, *sèle*, intonirt man das *s* leise, so ist es das franz. *zone*, *zèle*. Das polnische *z* gehört auch hieher, es ist ein intonirtes *s*.

Wir haben die letztere Parallele schon im *Grundriss der Physiologie*. Bonn 1827. aufgestellt. Die Vertheilung der stummen und intonirten Continuae in den verschiedenen Sprachen und ihre Anwendung in Verbindungen ist sehr verschieden. Die Continuae nasales *m*, *n* können sehr gut im Anfange der Wörter stumm seyn, z. B. in Mond, Narr, am Ende der Wörter sind sie meistens intonirt, besonders wenn sie hinter anderen Consonanten folgen, wie in Darm. Das *ng* kann zwar stumm gebildet werden und ist beim leisen Sprechen in *magnus* sehr deutlich, beim lauten Sprechen ist es immer etwas intonirt.

Die Continuae orales *r* und *l* können im Anfang der deutschen Wörter ganz stumm seyn, wenigstens stumm beim lauten Sprechen prononcirt werden, wie in Rand, Land. Am Ende der Wörter können sie zwar auch stumm gegeben werden, wie in war, werden jedoch meist etwas intonirt, selbst im Deutschen, wo kein stummes *e* die Intonation anzeigt. Zuweilen können ganze Vocale zwischen Consonanten ausfallen, wenn die Consonanten intonirt werden, z. B. mer für mir ist bloss eine Verbindung von einem intonirten *m* und *r*, oder gar von einem stummen *m* und intonirten *r*. Das modificirte polnische *i* ist intonirt. Die Intonation beim *r* kann sich übrigens sowohl dem *u* als dem *i* nähern, das letztere in *filie*.

Ein ganz stummes *r* kommt zuweilen in den slavischen Sprachen vor, wie PURKINJE von Piotr (Polnisch) und Wytr-wam anführt. Das stumme *l* kommt auch im Polnischen vor, hinter anderen Consonanten, z. B. kladl, szbladl, szedl, aber diess *l* wird von Vielen gar nicht, nicht einmal stumm ausgesprochen.

Zuweilen wird die Intonation gesucht, durch Affectation, z. B. bei affectirt zorniger, unwilliger Anrede Herr...r!

Das stumme *ch*, *χ* ist vielen Sprachen eigen, auch das intonirte *χ* oder das deutsche *j*. Die deutsche Sprache hat das stumme *sch*, die französische das intonirte *sch* oder franz. *j*. Das intonirte *s* oder *z* ist der französischen Sprache eigen. Man sieht, dass die französische Sprache sich durch die Anzahl der säuselnden intonirten Laute auszeichnet, was für sie charakteristisch ist. Von den intonirten Consonanten besitzt die deutsche Sprache wenige, nämlich nur das *j* oder intonirte *χ*, das intonirte *r*, *l* und *f*. Dagegen haben die französische und die slavischen Sprachen trotz ihrer grossen anderweitigen Verschiedenheit mehr intonirende Consonanten, wie die französische und polnische das intonirte *s* oder *z*, das intonirte *sch* oder *j* franz., und die polnische selbst noch das intonirte *χ*, nämlich *j* deutsch. Das stumme *χ* fehlt dem Französischen ganz, vom intonirten *χ* kommt eine Spur bei *l* vor im sogenannten *l mouillé*, welches nichts anders ist als ein tönendes *l* mit einem tönenden *χ*. In den slavischen Sprachen fällt aber die grosse Menge der Zischlaute und ihre Verbindung ohne Vocale auf, in den romanischen sind diese Verbindungen um so seltener und das Vorherrschen der Vocale giebt diesen Sprachen mehr Klang und Gravität.

Charakteristisch ist für die französische Sprache der häufige Gebrauch der Nasenlaute *m*, *n*, *ng*, und noch bedeutsamer, dass

sie bloss die Verbindungen des Consonanten *ng* mit *a*, *o*, *ü*, namentlich mit den Nasenvocalen hat, während ihr die klangreichen Verbindungen mit *e*, *i*, *u* abgehen. In der deutschen und englischen Sprache giebt es alle Verbindungen der Vocale mit dem Nasenconsonanten *ng*

ang, eng, ing, ong, ung.

Auch da, wo die franz. Schriftsprache die Verbindung *em, ing* hat, treten in der Mundsprache zuweilen andere Vocale ein, wie in *empereur, singulier*. Von dieser Armuth in der Anwendung der verschiedenen möglichen Nasenlaute und von desto häufigerer Anwendung gewisser Nasenlaute mit den Nasenvocalen *a*, *ü*, *o* ist eine Art von nasaler Monotonie abzuleiten, während die französische Sprache sich in anderer Hinsicht, nämlich durch den Reichtum an intonirten weichen Consonanten so schön auszeichnet. Besonders auffallend ist der grosse Gebrauch des Tons *ang*, in den vielen Bezeichnungen dieses Lauts in *Temps, sang, evidemment* u. a.

Die vorher aufgeführten Laute sind die wesentlichen Elemente aller ausgebildeten Sprachen, die verschiedenen Bezeichnungen derselben, ihre Verwechselungen unter einander gehören nicht hieher. *q, x, z* sind keine selbstständigen Consonanten, sondern Verbindungen. Ueber das Vorkommen der verschiedenen Laute in den verschiedenen Classen der Sprachen siehe PURKINJE a. a. O.

Ausser den gewöhnlichen in den Sprachen benutzten Consonant-Geräuschen giebt es noch eine Menge anderer möglicher, im Munde und in der Kehle zu bildender Geräusche, bald explosiver, bald continuirlicher Art, wie das Schmatzen, Gurgeln, Räuspern, Hemsen, Aechzen, Küssen, Schnatzen, Niesen, Stöhnen, das *ll* bei hin- und hergeschlagener Zunge, das Schlürfen, Schnarren auf den Lippen *brrr*, das Schnalzen durch Abziehen der Zunge von den Zähnen, vom Gaumen. Alle diese Laute werden in der Regel in den Sprachen nicht angewandt, nur die Schnalzlaute sollen nach LICHTENSTEIN und SALT bei den Hottentotten und anderen africanischen Völkern vorkommen.

Die verschiedenen Geräusche und Klänge der Sprache müssen, wie sie unter bestimmten physicalischen Bedingungen entstehen, auch künstlich durch Maschinen sich nachbilden lassen. Einige entstehen sehr leicht auf diese Art, wie das *b*, wenn man in eine cylindrische Röhre intonirt, die Hand vor die Röhre hält und dann wegzieht, *ω* auf dieselbe Art, wenn die Röhre eine Zungenpfeife mit membranöser Zunge ist. KRATZENSTEIN, KEMPELEN und R. WILLIS haben sich damit beschäftigt. Es ist gelungen, einen grossen Theil der Sprachlaute nachzubilden. Aber diese Maschinen haben immer etwas Unvollkommenes, weil für jeden Selbstlauter und Consonanten ein besonderer Apparat nöthig, die Verbindung dieser Werkzeuge bei gemeinsamer Windlade zur Worthildung ungemein schwer ist. Wir dürfen uns nicht wundern, wenn auch einzelne Vögel, wie Papageyen, Raben zur Bildung von articulirten Tönen fähig sind, da ihr Mund im Allgemeinen dieselben Wände mit klappenartig wirkenden Theilen enthält. Die Erlernung dieser Laute geschieht hier ohne Zweifel auf ähnliche Art wie beim menschlichen Kinde.

Bei einer zwecklosen Production verschiedener Laute prägen sich die Bewegungen ein, welche zur Bildung jedes Geräusches nöthig sind, und sind bereit wieder sich zu associiren, wenn einer dieser möglichen Laute vorgesagt wird.

C. B a u c h r e d e n.

Eine besondere Art der Sprache ist beim Menschen als sogenanntes Bauchreden bekannt. Einige, wie MAGENDIE, halten dafür, dass die durch das Bauchreden hervorgebrachten Töne nur sehr verschiedene Modificationen des Klanges sind, welche durch das Stimmorgan hervorgebracht werden; Andere glauben, dass in der That den beim Bauchreden angegebenen Tönen eine gemeinsame besondere Ursache, wie z. B. das Articuliren während der Inspiration, zu Grunde liege. Diess ist die gewöhnliche Ansicht vom Bauchreden. Es ist nicht zu läugnen, dass sich auch beim Einathmen articuliren lässt, obgleich diess ziemlich schwer ist, und dass die auf diese Weise zu bildenden Töne einige Aehnlichkeit mit den Tönen der Bauchredner haben. Doch halte ich diese Ansicht für nicht richtig. Denn es lässt sich viel leichter auf eine andere Art die Sprache der Bauchredner vollkommen nachahmen, indem man dadurch den Tönen ein ganz eigenes Timbre ertheilt. Ich bin im Stande, durch Anwendung dieser sogleich anzugebenden Mittel, sehr geläufig in den Tönen der Bauchredner zu sprechen, und ich bin überzeugt, dass die Bauchredner sich dieses Mittels bedienen müssen. Zu diesem Zwecke inspirire ich tief, so dass das abwärts steigende Zwergfell die Baueingeweide stark nach vorwärts treibt; nicht während der Inspiration bilde ich dieses eigenthümliche Register von Tönen, um welche es sich handelt, sondern beim Ausathmen, aber das Ausathmen ist eigenthümlich, es geschieht bei ganz enger Stimmritze sehr langsam durch Contraction der Brustwände, während das Zwergfell seine Stellung wie bei der Inspiration behauptet, und der Bauch also während des Sprechens bei der Expiration aufgetrieben bleibt. Durch die Intonation bei ganz enger Stimmritze und schwachem Anspruch mit den blossen Seitenwänden der Brust, ohne die Bauchmuskeln entsteht das eigene Timbre der Töne dieses Registers. Man kann auf diese Art Töne bilden, wie der Ruf eines Menschen aus weiter Ferne. Anfangs glaubt man, weil der Bauch beim Reden angeschwollen bleibt, das Bauchreden geschehe bei der Inspiration; man kann sich aber bald überzeugen, dass man wirklich expirirt; denn wenn man so lange das Bauchreden fortgesetzt, bis man keinen Athem mehr hat, so ist die Brust immer enger geworden und es ist, wenn kein weiterer Ton, aus Mangel an Luft in der Windlade, mehr möglich ist, nun wieder eine Inspiration nöthig.

Vieles bei denjenigen, welche als Bauchredner auftreten, ist blosser Täuschung anderer Sinne, als des Gehörs, z. B. das Reden wie aus bestimmten Gegenden; wir unterscheiden überhaupt die Richtung der Schallstrahlen sehr wenig und wenn die Aufmerksamkeit des Hörenden auf eine Gegend gelenkt wird, so ist die Vorstellung sogleich bereit, das Gehörte an einen bestimmten Ort zu versetzen.

D. Fehlerhafte Sprache.

Die richtige Aussprache setzt sowohl eine gute Bildung der Mundhöhle voraus, als ein gutes Gehör. Die Unvollkommenheiten der Sprache entstehen aus dem Mangel des einen und andern. Die Sprache wird mangelhaft in Beziehung auf die Bildung einzelner Laute und zugleich näselnd, wenn ein Loch im Gaumen sich befindet; sie wird unvollkommen beim Mangel der Zähne. Ueber die Fehler bei den einzelnen Buchstaben siehe KEMPELEN und SCHULTHESS a. a. O. Durch Ungewandtheit und Unbeweglichkeit der Zunge entsteht das Stammeln. Die Trunkenheit bringt diesen Zustand vorübergehend hervor, Lähmung des N. hypoglossus dauernd. Die Sprache kann aber auch durch Mangel in der gehörigen Folge der Laute unvollkommen werden, während doch die reine Bildung der Laute nicht aufgehoben ist, diess ist das Stottern. Gute Aufklärungen über das Stottern findet man in der erwähnten Schrift von SCHULTHESS. Das Stottern besteht in einem momentanen Unvermögen, einen Consonanten oder Vocal auszusprechen, oder ihn mit vorhergehenden zu verbinden. Diess Hinderniss kann im Anfange oder in der Mitte der Wörter eintreten. Liegt der schwer auszusprechende Buchstabe in der Mitte eines Wortes, so wird oft der Anfang der vorhergehenden Sylbe oder diese mehreremal wiederholt, z. B. Zi-zi-zi-Zitze, Llllachen. Im ersten Fall fehlt es an der Verbindung des Consonanten *t* mit dem vorhergegangenen Stimmlaut *i*; im zweiten Fall an der Verbindung des Stimmlauts *a* mit dem vorhergegangenen Consonanten *l*. Das Wiederholen des vorhergehenden ist, wie SCHULTHESS mit Recht bemerkt, nicht das Wesentliche beim Stottern, sondern nur ein neues Ansetzen, um den Uebergang zu finden. Ist der vorhergehende Consonant eine *Explosiva*, die sich nicht anhalten lässt, so tritt leichter das Wiederholen ein, weil sich die Explosivae *b, d, g* (Gamma) und *p, t, k* eben nicht ad libitum, bis der Vocal folgt, verlängern lassen. Ist der vorhergehende Consonant aber eine *Continua*, welche sich ad libitum verlängern lässt, z. B. *m, n, ng, f, ʒ, sch, r, l, s*, so ist die Wiederholung nicht gerade nothwendig, weil sich diese Continuae anhalten lassen, bis der Vocal folgt. Beispiele: *b b b bald, l — lachen*. Es kommt indess auch vor, dass der Stotternde die *Continua* wiederholt und *lllllachen* spricht. Zuweilen werden unwillkührlich nicht dahin gehörende Buchstaben eingeschoben, *d, t, ng, nd* und anderes. Vergl. SCHULTHESS a. a. O. p. 74. SCHULTHESS stellt die Ansicht auf, dass es keineswegs die Consonanten seyen, deren schwierige Articulation das Stottern bewirke, sondern die Stimmlaute oder Vocale. Diese Bemerkung fliesst aus einer guten Beobachtung der Natur, indessen geht sie, indem sie die bisherige fehlerhafte Ansicht verbessert, doch zu weit, denn oft ist der Vocal schon gebildet da, aber der folgende Consonant will sich nicht damit verbinden. Ich kannte einen jungen Mann von ausgezeichneten mathematischen Kenntnissen, der früher stark gestottert hatte, und wenn er seinen Namen aussprach, leicht *TE — TESSOT* statt *Tessot* sagte. Auch

liegt das Hinderniss oft schon am ersten Consonanten eines Wortes, auch in diesen Fällen ist die Ursache der Hemmung weniger in den bei der Articulation thätigen Mundtheilen, als vielmehr darin, dass der Durchgang der Luft durch die Stimmritze für den Anspruch zu einem gewissen Consonanten durch augenblickliches Schliessen der Stimmritze versagt wird. Diess Versagen und Schliessen der Stimmritze, auf welches besonders ARNOTT (*Elements of Physics or natural Philosophy*) aufmerksam gemacht hat, tritt nur bei der Association mit gewissen Articulationen ein, während der Durchgang der Luft für andere Articulationen, z. B. für Wiederholung der vorhergehenden Sylbe, leicht ist. In der Hauptsache ist immer das Hinderniss in der Stimmritze, sey es, dass sie den geforderten Ton nicht giebt, wenn es ein Vocal seyn sollte, oder dass sie die Luft bei dem Versuch zu einer Articulation im Munde nicht durchlässt. Diese Arbeit an der Stimmritze giebt sich deutlich genug an den stark Stotternden durch die Verhinderung der Expiration und die Congestion des Blutes in dem Kopfe und in den Halsvenen zu erkennen. Das Wesen des Stotterns liegt also offenbar in einer pathologischen Mitbewegung im Kehlkopfe mit den Mundbewegungen oder Articulationen. Beim höchsten Grade der Anstrengungen des Stotternden treten auch Mitbewegungen im Gesichte ein. Der Fehler ist ein ähnlicher, wie wenn jemand einen Gesichtsmuskel zusammenziehen will, und dabei durch Mitbewegung und verhinderte Isolirung des Nerveneinflusses das ganze Gesicht verzieht. Siehe die Lehre von den Mitbewegungen. I. Bd. p. 662. II. Bd. p. 85.

Ich stimme ARNOTT und SCHULTHESS vollkommen bei, wenn sie die nächste Ursache des Stotterns in *eine krampfhafteste Affection an der Stimmritze* setzen. Diese Affection ist momentane Schliessung der Stimmritze (theils durch Aneinanderlegen der Cartilagine arytenoideae, theils durch Druck der Musculi thyreo-arytenoidei, welche die Stimmbänder aneinanderpressen können). Man muss festhalten, dass diese momentane Affection eine pathologische Association mit gewissen Mundbewegungen, namentlich Zungenbewegungen ist und ganz davon abhängt. Die Stellung der Mundtheile für das *b* ist da, die Lippen können auch wie beim *b* geöffnet werden, aber es fehlt daran, dass wenn diess geschehen soll oder geschieht, der Hauch der Luft aus der Stimmritze nicht erfolgt. Die naturgemässe Einleitung zur Verhinderung des Stotterns wird also die Erzielung einer leichten Association zwischen den Articulationen und den Bewegungen des Kehlkopfes seyn. Das Singen der Wörter ist schon ein Mittel hiezu, indem es die Aufmerksamkeit mehr auf den Antheil des Kehlkopfes am Aussprechen lenkt, als es beim gewöhnlichen Sprechen der Fall ist. Stotternde singen auch die Wörter besser, als sie sie sprechen.

Das zu niedrige Halten der Zunge im Munde scheint das Stottern zu befördern. Auf der Vermeidung dieser Lage der Zunge und Erhebung der Zungenspitze gegen die Gaumen beruht die Methode der Mad. LEIGH. Siehe SCHULTHESS a. a. O. p. 166.

Hieher gehört auch das Unterlegen von Körpern unter die Zunge, was den Alten schon bekannt war. Die Methode, welche ARNOTT a. a. O. angiebt, beruht wenigstens auf einer richtigen physiologischen Anschauung des Stotterns. Wären die Lippen der Glottis, sagt ARNOTT, sichtbar gewesen, gleich den Lippen des Mundes, so würde die Natur des Stotterns nicht so lange ein Geheimniss geblieben seyn. Die Stimmritze schliesst sich von Zeit zu Zeit beim Stotternden; es kömmt also darauf an, dieses Schliessen der Natur durch Uebung abzugewöhnen. Hiezu schlägt ARNOTT vor, dass der Stotternde alle Wörter durch zwischengeschobene Intonationen der Stimme zu einem Ganzen verbinde, so weit der Athem reicht, also z. B. *soweitederathemereicht*. Diess kann etwas, aber nicht alles leisten, da das Haupthinderniss meist innerhalb der Wörter und in der Mitbewegung bei gewissen Articulationen liegt. Hätte ich eine Methode für das Heilen des Stotterns anzugeben, so würde ich ausser der ARNOTT'schen Procedur noch Folgendes anwenden. Ich würde den Stotternden Scripturen zu Leseübungen geben, worin alle ganz stummen Buchstaben *b, d, g* (Gamma), *p, t, k* oder die Explosivae fehlen; diese Scripturen dürften nur Phrasen enthalten, die ausser den Vocalen aus blossen Buchstaben bestehen, welche der begleitenden Intonation fähig sind, also *f, z, sch, s, r, l, m, n, ng*; ich würde zum Gesetz machen, dass alle diese Buchstaben intonirt ausgesprochen und sehr lang ausgezogen werden müssen. Dadurch entsteht eine Pronunciation, wobei die Articulation beständig mit Intonation verbunden, die Stimmritze also nie geschlossen ist. Hat sich der Stotternde lange geübt, die Stimmritze ohne Unterbrechung und selbst zwischen den Wörtern nach ARNOTT's Rath offen zu halten, und hat er sich durch Aussprechen der intonirten summenden Consonanten geübt, bei und hinter jedem Consonanten und Vocal die Stimmritze offen zu behalten, so kann man zu den stummen Consonanten *h* und den Explosivae *b, d, g* (Gamma), *p, t, k* übergehen. Der Stotternde weiss dann schon, worauf es ankommt. Das gewöhnliche Heilen des Stotterns nach der Methode der Mad. LEIGH ist ein blindes Herumtappen im Dunkeln, wobei weder der Lehrmeister noch der Schüler wissen, worum es sich handelt.

Es giebt einen gewissen, nicht seltenen Fehler der Sprache, der sich vom Stottern wesentlich unterscheidet. Es ist das Intoniren zwischen den Wörtern, das Einschieben eines mehr oder weniger langen *e, ä, a*, oder der Nasenvocale, oder eigenthümlicher, durch die Gurgel modificirter Stimmlaute, während die Pronunciation der Wörter selbst gut ist; z. B. *ich...ä*. Es ist wie das Nachklingen eines musikalischen Werkzeuges über die geforderte Dauer. Diese Laute bilden und erleichtern den Uebergang von einem zum andern Wort, und so mögen sie wohl oft entstehen, obgleich sie oft auch bei einer Hässitation der Gedanken eintreten. Zuweilen kömmt diese Unart mit dem Stottern vor, vielleicht weil dadurch das Stottern beim Ansetzen zu den nächsten Wörtern vermieden wird.

Die Bildung reiner Laute setzt das Gehör voraus. Taubge-

bornen ist es ungemein schwer, eine Art von ganz rohen Lauten aussprechen zu lernen. Bei Taubstummen fehlt nur das Gehör ganz oder grösstentheils; ihre Stummheit ist die Folge ihrer Taubheit; durch viele Mühe lassen sich ihnen die Bewegungen zum Articuliren durch sichtbares Vorzeigen anlernen, aber ihre Sprache bleibt immer ein in der menschlichen Gesellschaft unbrauchbares Geheul, weil sie mit dem Gehör den Regulator für die Articulationen entbehren.

Gehör und Sprache können übrigens nicht inniger zusammenhängen, als durch das Gehirn selbst. Man sieht nicht ein, wozu Nervenverbindungen zwischen dem Gehörorgan und Sprachorgan nützen sollten, die Verbindung des N. facialis und lingualis ist sowohl dem Gehör als der Sprache fremd; denn der N. facialis hat nichts mit dem Gehör, der N. lingualis nichts mit der Sprache zu thun. Der Haupt-Sprachnerve ist der N. hypoglossus, von welchem alle Bewegungen der Zunge abhängen; auch der N. facialis kommt bei den Articulationen, wenigstens der Lippen in Betracht. Beide Nerven sind physiognomische Nerven, in sofern sowohl die Mimik des Gesichtes als die Sprache, jede auf andere Weise unsere inneren Zustände objectiv darstellen. Beiderlei Nerven scheinen von demselben Centraltheil, den Oliven, abhängig zu seyn. Siehe RETZIUS, MUELL. *Arch.* 1836.

E. A c c e n t.

Der Accent ist eine höhere Betonung einzelner Sylben und Wörter.

a. Accent der Wörter.

Jedes Wort hat seinen Accent, wenn es mehrsilbig ist, er ruht im Deutschen meistens, aber nicht immer, auf der Stammsylbe: Lében, ságen, singen. Bei Lebéndig hat er sich auf die Biegungssylbe geworfen. Viele Menschen betonen die accentuirte Sylbe noch nicht um einen halben Ton höher; einige um mehr als einen halben Ton höher. Dann wird die Sprache singend. Das Gegentheil davon ist die monotone Sprache, wenn jede Sylbe mit derselben Höhe des Tons ausgesprochen wird, z. B. Lébé, ságe. Dieser Mangel an Variation, bei pedantischen langweiligen Menschen ein Ausdruck ihres Naturels, ist unerträglich. Es ist auch die Sprache der Ausrüfer.

Bei den alten Sprachen sind der Accent und die Längen der Sylben ganz verschiedene Dinge. In dem Rhythmus des poetischen Vortrags werden die Sylben auf Kosten des Accenten nach den natürlichen Längen gemessen.

In der deutschen Sprache fallen die Accente grösstentheils mit den Längen zusammen. Hier muss Alles als lang gemessen werden, worauf der Accent ruht. Und die in den alten Sprachen längsten Sylben können in unserm rhythmischen Vortrag als kurz gebraucht werden, wenn nur die Sylbe des Accenten lang bleibt. Dabei muss aber das accentuirte Betonen der durch den Accent langen Sylben in dem poetischen Vortrag vermieden werden.

Die neueren romanischen Sprachen besitzen zu wenig natürliche Längen durch Consonanten und haben zu wenig Wortaccent oder Unterschied in der Betonung der einzelnen Sylben der Wörter, um die natürlichen Längen und Kürzen oder accentuirte und nicht accentuirte Sylben mit viel Erfolg als lang und kurz rhythmisch benutzen zu können. Die romanischen Sprachen sind daher nicht wie die deutsche einer antik-rhythmischen Behandlung fähig.

Daher können in den unvollkommenen modernen Rhythmen dieser Sprachen alle Silben indiscriminativ mit wenigen Ausnahmen lang und kurz gebraucht werden, und die Sylben werden nur nach der Zahl gemessen. Nur die entschiedenen Accente mancher Wörter müssen als lang erhalten werden.

Hiedurch dürfen die rhythmischen Längen und Kürzen in dem Vortrag der Poesie auch nicht hervorgehoben werden, weil sie eben oft weder natürliche noch accentuirte sind.

b. Accent der Sätze.

Die accentuirte höhere Betonung der Wörter in den Sätzen drückt die Modalität des Urtheils aus. Beim Fragen, Bejahen, und vielen andern Modi des Urtheils liegt der Accent jedesmal eigenthümlich auf dem Worte, worauf es ankommt; der einfachste, aus 3 Wörtern, Subject, Copula, Prädicat bestehende Satz hat eine verschiedene Bedeutung, je nachdem der Accent auf dem Subject, Prädicat oder der Copula ruht.

c. Accent der Dialecte.

In der Accentuation verschiedener Dialecte drückt sich die natürliche Regsamkeit oder Lässigkeit des Volkes aus. Hier ist der Accent physiognomisch. Die unnatürliche sich wiederholende Accentuation des Einzelnen, die nicht aus seiner natürlichen Regsamkeit hervorgeht und kein Ausdruck derselben ist, ist geziert und gemacht. In grossen Städten haben nicht die Gebildeten, aber die es seyn wollen, oft eine vom natürlichen Accent des Volks ganz verschiedene Manier des Accentuirens, was man auch hier zuweilen, aber mehr beim weiblichen Geschlechte hört.

Die deutsche Sprache hat keinen allgemeinen durchgreifenden Accent der Sätze, er ist überall verschieden. In anderen Sprachen ist ein gewisser Accent herrschend geworden, wie z. B. im Französischen. Auch die Dänen und Schweden haben eine eigenthümliche Art der Accentuation der Sätze, die man auch hört, wenn sie Deutsch sprechen.

Die meisten römischen Sprachen besitzen zu wenig lange
 hohe Laute durch Consonanten und haben zu wenig Vocale
 mit einer Unterscheidung in der Betonung der einzelnen Sylben der
 Wörter, und die römischen Sprachen noch Kürzen oder accentu-
 und nicht accentu- Sylben mit viel Fülle als lang und kurz
 rhytmisch bezeichnen zu können. Die römischen Sprachen sind
 daher nicht wie die deutsche einer stilk-rhytmischen Bildung
 fähig.

Daher können in den unvollkommenen modernen Rhythmen
 dieser Sprachen alle Silben indifferent mit wenig Ausnah-
 men lang und kurz gebraucht werden, und die Sylben werden
 nur nach der Zahl getrennt. Nur die eingezeichneten Accente
 mancher Wörter müssen als lang erkannt werden.
 Hinsichtlich dieser die rhytmischen Laute und Kürzen in
 dem Vortrag der Poesie nicht hervorgehoben werden, weil
 sie eben als weder natürliche noch accentu- sind.

§. 3. Von der Betonung.

Die accentu- obere Betonung der Wörter in den Sylben
 ist die höchste der Uebels der Uebels der Uebels der Uebels
 und vielen andern Uebels der Uebels der Uebels der Uebels
 eigentlich auf dem Worte, wozu es bekannt; der rhy-
 the, aus 3 Wörtern, Copula, Copula, Copula, Copula, Copula
 eine verschiedene Bedeutung, je nachdem der Accent auf dem
 Subject, Prädicat oder der Copula ruht.

§. 4. Von der Betonung.

In der Accentuation verschiedener Dialecte sieht man die
 natürliche Betonung oder Forderung der Sylben aus. Hier ist die
 der Accent physiognomisch. Die ununterbrochen sich wiederholende
 Accentuation der Laute, die nicht aus einer natürlichen Füg-
 ung hervorgeht und kein Ausdruck der Natur ist, ist künstlich
 und gemacht. In großen Städten haben nicht die Gebildeten
 mehr die es sehr wollen, ein vom natürlichen Accent der
 Volks ganz verschiedenes Maas der Accentuation, was man auch
 hier annehmen, aber nicht beim weiblichen Geschlechte darf.
 Die deutsche Sprache hat keinen allgemeinen durchgehenden
 den Accent der Sylben, er ist überall verschieden. In anderen
 Sprachen ist ein gewisser Accent beständig geworden, wie z. B.
 im Französischen. Auch die Dänen und Schweden haben eine
 eigenthümliche Art der Accentuation der Sylben, die man auch
 dort, wenn sie deutsch sprechen, hört.

Nachträge und Berichtigungen.

Zu P. 19. Z. 13. Ueber die neueren Beobachtungen in Hinsicht der Wimperbewegung siehe den Jahresbericht des Archivs für Physiologie 1836.

P. 108. Z. 8. v. u. Die Bemerkung über den Gepard, *Felis jubata*, bedarf einer Berichtigung, da nach OWEN's Untersuchung die bisherige Vorstellung von der Abweichung dieses Thiers von einigen anatomischen Eigenschaften des Katzengeschlechtes unrichtig ist.

P. 123. Z. 3. fehlt der Titel der Schrift von W. und E. WEBER: *Mechanik der menschlichen Gehewerkzeuge*, mit 17 Taf. Gött. 1836. 8.

P. 142. Z. 19. v. u. lies: Die einfachste Zunge dieser Art ist die der Maultrommel; sie ist ein stählernes Blättchen, das an einem Ende befestigt ist und zwischen zwei stählernen Schenkeln liegt; diess Zungenblättchen wird zwar gewöhnlich, indem die Maultrommel zwischen die Zahnreihen gefasst wird, durch den Finger angeschlagen, aber man kann das Blättchen auch durch Einziehen der Luft in Schwingung versetzen.

P. 170. Z. 8. lies: Wurde in einem kurzen Windrohr gegen das Ende, wo die Zunge, ein Stopfen angebracht, der in der Mitte durchbohrt allein den Luftstrom durchliess, so wurde der Ton dadurch auf die eine oder andere Art verändert; er war meist etwas höher als ohne Stopfen.

P. 180. Z. 10. statt: *Bd. III.* lies: *Uebers. v. MECKEL. Bd. IV. 229.*

P. 232. Z. 15. v. u. lies: Das *H* fehlt der italienischen Sprache bis auf einige wenige Ausnahmen, z. B. *ho, hai, ha, hanno.*

P. 239. Z. 28. streiche: Schmatzen.

Nachträge und Berichtigungen

- No 119. X. 13. Ueber die neueren Beobachtungen in Hinsicht
der Wundheilung siehe das Jahrbuch des Archivs
für Physiologie 1836.
- No 108. X. 8. v. m. Die Bemerkung über den Geruch, Felle in
Aqua, bedarf einer Berichtigung, da nach Owen's Untersu-
chung die fäulnissige Vorstellung von der Abweichung dieser
Flüssigkeit von einigen anstehenden Eigenschaften des kalten
geschloßtes unterliegt.
- No 133. X. 3. Ueber den Tadel der Seiten von W. und E. Wern-
schmidt des menschlichen Gehörorgans, wie 17 Taf. 60a
1836.
- No 112. X. 10. v. m. Ueber die einfache Zunge dieser Art ist die
der Mastdarm, sie ist ein einfaches Kälteorgan, das an
einem Ende befestigt ist und zwischen zwei stehenden Schen-
keln liegt, diese Zungenhöhlen wird zum gewöhnlich in
den die Mastdarm zwischen die Kältehöhlen gefüllt wird,
durch den Finger angeschlagen, aber man kann das Kälte-
organ durch Einwirkung der Luft in Schwung versetzen.
- No 110. X. 8. Ueber Wunde in einem kranken Wundstich gegen das
Ende, wo die Zunge, ein Stöcken angebracht, der in der
Mitte der Höhe der Zunge den Faden durch das, so wurde
das Faden durch und das eine oder andere Art verändert,
er war nicht ohne Gefahr als eine Stöcken.
- No 110. X. 10. Ueber die Wunde in einem kranken Wundstich gegen das
Ende, wo die Zunge, ein Stöcken angebracht, der in der
Mitte der Höhe der Zunge den Faden durch das, so wurde
das Faden durch und das eine oder andere Art verändert,
er war nicht ohne Gefahr als eine Stöcken.
- No 110. X. 10. Ueber die Wunde in einem kranken Wundstich gegen das
Ende, wo die Zunge, ein Stöcken angebracht, der in der
Mitte der Höhe der Zunge den Faden durch das, so wurde
das Faden durch und das eine oder andere Art verändert,
er war nicht ohne Gefahr als eine Stöcken.
- No 110. X. 10. Ueber die Wunde in einem kranken Wundstich gegen das
Ende, wo die Zunge, ein Stöcken angebracht, der in der
Mitte der Höhe der Zunge den Faden durch das, so wurde
das Faden durch und das eine oder andere Art verändert,
er war nicht ohne Gefahr als eine Stöcken.

Müller, Johannes, 1801-1858

Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen

Bd.: 2,1

Coblenz (1837)

Anat. 304 db-2,1/2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10369075-9